

# **TRABAJO FINAL DEL GRADO DE NUTRICIÓN HUMANA Y DIETÉTICA.**

**1996-2011: Análisis del soporte nutricional utilizado en los  
pacientes de la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI) del  
Hospital Arnau de Vilanova (HUAV)**

---

**Autor: Asier Ambrosio Arcas  
Tutor TFG: José Javier Trujillano Cabello**

**Lleida, 28/06/2013**

**RESUMEN** ***Objetivos:*** Comparar tres períodos de tiempo (1996-2001; 2002-2006; 2007-2011) a partir del análisis del soporte nutricional en los pacientes de UCI del hospital Arnau de Vilanova (HUAV). A partir de la comparación, elaborar modelos predictivos (basados en árboles de clasificación tipo CHAID y redes neuronales artificiales) del tipo de soporte nutricional a utilizar, según varias variables obtenidas en las primeras 24 horas de ingreso. ***Ámbito:*** Estudio descriptivo del soporte nutricional utilizado en la UCI del HUAV durante los años 1996-2011. ***Resultados:*** Han sido estudiados un total de 5143 pacientes. Los modelos utilizados (red neuronal artificial y el tipo CHAID) tienen en cuenta varias variables (Edad, sexo, el uso de ventilación mecánica (VM), estatus programado/urgente, el uso de noradrenalina, la puntuación APACHE II y el grupo diagnóstico). ***Conclusión:*** El aumento del número de ingresos y la admisión de diferentes tipos de pacientes durante los periodos estudiados se debe tener en cuenta para la interpretación de los resultados. El modelo basado en árboles de clasificación tipo CHAID consigue clasificar de forma adecuada el tipo de aporte nutricional de los pacientes críticos. El modelo tipo red neuronal artificial, con las mismas variables, no consigue propiedades de discriminación superiores a las del tipo árbol. Sería necesario más tamaño de muestra para un mejor rendimiento.

Palabras clave: Nutrición enteral, nutrición parenteral, UCI, árbol de clasificación, red neuronal artificial.

**INTRODUCCIÓN** Un paciente crítico es aquel enfermo cuya condición patológica afecta a uno o más sistemas, que pone en serio riesgo, actual o potencial, su vida y que presenta condiciones de reversibilidad, que hacen necesaria la aplicación de técnicas de monitorización, vigilancia, manejo y soporte vital avanzado. Este tipo de pacientes son tratados en la denominada Unidad de Cuidados Intensivos (UCI)<sup>1</sup>. Esta unidad es una sección especializada de los hospitales, en la cual, los pacientes candidatos a entrar son aquellos que requieren una monitorización constante de sus signos vitales, así como de otros parámetros<sup>2</sup>.

En esta sección de los hospitales, los pacientes reciben la llamada medicina intensiva, una especialidad médica dedicada al suministro de soporte vital o de soporte a los sistemas orgánicos a los pacientes que están críticamente enfermos, quienes generalmente también requieren supervisión y monitorización intensiva<sup>3</sup>. Por lo general también necesitan soporte para la inestabilidad hemodinámica (hipotensión o hipertensión), para las vías aéreas o el compromiso respiratorio (ventilación mecánica) o el fracaso renal, y a menudo los tres. El resto de pacientes que se atiende en la UCI y que no precisas los cuidados o soportes antes mencionados, son los admitidos para la supervisión intensiva/invasora, habitualmente después de cirugía mayor<sup>4</sup>.

Las patologías de estos pacientes son la insuficiencia respiratoria, hepática y renal, así como otras complicaciones tales como sepsis, shock, pancreatitis y quemaduras, pueden llevar al enfermo al denominado fracaso multiorgánico (FMO) o síndrome de disfunción multiorgánica (SDMO)<sup>5</sup>. El SDMO representa la principal causa de muerte en UCI pediátricas (UCIP) y un motivo muy frecuente de ingreso en estas unidades; también es la principal causa de muerte en las UCI de adultos y, en consecuencia, es un proceso que alarga la hospitalización, incrementando significativamente el costo<sup>6</sup>.

El uso de un soporte nutricional adecuado en pacientes de UCI, dentro de las primeras 48h de ingreso, se relaciona con una mejoría en su estado clínico general y se evita la desnutrición<sup>7</sup>. Estos pacientes son mucho más susceptibles a padecer desnutrición, que aparece hasta en el 30%-50% de ellos, lo cual está asociado a una mayor morbilidad y mortalidad. Además, en estas situaciones de estrés, los cambios metabólicos del cuerpo que aparecen como respuesta a la agresión, hace que el catabolismo proteico esté aumentado, de lo cual deriva una pérdida importante de masa magra. Con todo esto, el paciente es muy susceptible a contraer infecciones y tiene una peor respuesta a los tratamientos y una peor evolución clínica<sup>8</sup>.

El soporte nutricional, también denominado nutrición artificial, es el aporte de los nutrientes necesarios para mantener las funciones vitales, bien sea con nutrición parenteral total (NPT), nutrición enteral, (NE) o ambas. Este soporte está indicado cuando no es posible o adecuado utilizar la alimentación oral de la manera convencional. La NPT consiste en la administración de soluciones con nutrientes por vía endovenosa, y debe ser utilizada sólo cuando la alimentación enteral no es posible, también señalándose su empleo si la posibilidad de ingestión de nutrientes es inferior a un 80 % de las necesidades estimadas. La NE es el empleo de fórmulas comerciales o artesanales a través del tubo digestivo, cuando al paciente no le es posible comer de forma normal. No a todos los pacientes de UCI es posible darles un soporte nutricional, bien sea porque no lo necesitan, o porque es demasiado tarde, entre otras<sup>9</sup>.

Con el inicio del soporte nutricional se pretende evitar las complicaciones asociadas a la desnutrición, mejorar la respuesta al tratamiento, mejor cicatrización, el mantenimiento o la mejora de la función gastrointestinal. Aun sabiendo esto, se pueden dar circunstancias especiales que hagan más difícil el inicio del soporte nutricional

adecuado, como pueden ser el uso de fármacos vasopresores /inotropos, la inestabilidad hemodinámica o el uso de técnicas de ventilación mecánica<sup>10</sup>.

El aporte nutricional artificial (entendido como nutrición enteral y/o parenteral) lleva utilizándose desde hace ya muchos años y ambas técnicas han sido ampliamente estudiadas<sup>11</sup>. Las evidencias encontradas por estos estudios parecen indicar que lo más recomendable es el uso de la nutrición enteral en los pacientes críticos. Esto es debido a su implicación en el control inmunológico, a la menor severidad de las complicaciones y a su menor coste económico<sup>12</sup>. A pesar de ello, también se hace evidente que la nutrición parenteral es nuestro único recurso en situaciones especiales como pueden ser las obstrucciones intestinales graves o síndromes de intestino corto, entre otras<sup>13</sup>.

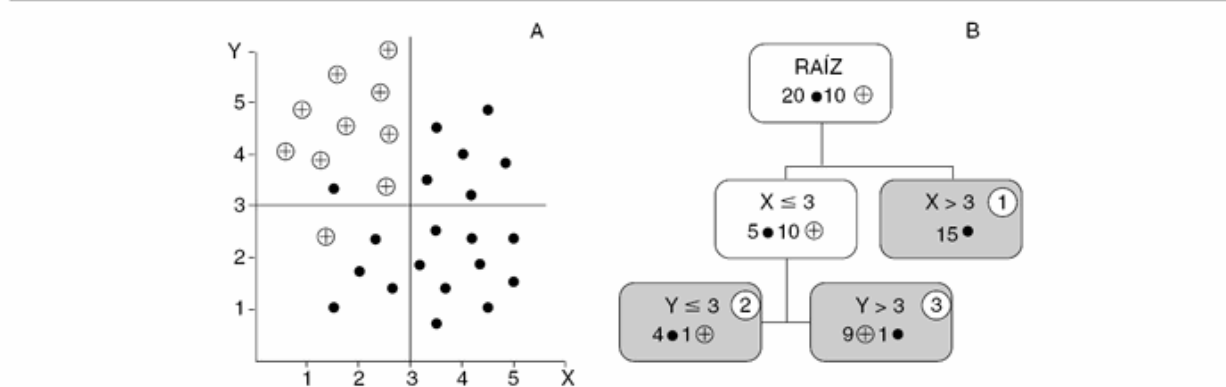
Para la realización de este trabajo, basado en comparaciones entre varias variables, lo que no es sencillo, se han utilizado metodologías complejas basadas en árboles de decisión (Tipo CHAID)<sup>14</sup> y basadas en las llamadas redes neuronales artificiales. Con estos métodos se puede llegar a conseguir una predicción de resultados de las variables a estudio o desarrollar modelos predictivos para los tipos de soporte nutricional según las variables incluidas en el estudio (el uso de ventilación mecánica, el tipo de diagnóstico, el apache II del paciente, entre otras)<sup>15</sup>.

A la hora de afrontar este problema de clasificación se han utilizado diversas aproximaciones metodológicas. Los distintos métodos empleados deben enfrentarse a 4 sucesivas barreras: a) seleccionar qué variables se utilizan como predictoras; b) analizar el tipo de variables y su naturaleza (p. ej., si siguen patrones de normalidad); c) valorar la posibilidad de interacción entre las variables y d) plantearse si el modelo resultante será útil en la práctica asistencial<sup>16</sup>. La utilización (en los últimos 10 años) de árboles de decisión, y entre ellos los de tipo CHAID (Chi-square automatic interaction detection), aporta una aproximación que intenta solucionar estas 4 barreras y muestra, en algunas aplicaciones, ciertas ventajas respecto a otros modelos, como las redes neuronales<sup>17</sup>. Su utilización se ha extendido a áreas de la biología y la medicina.

Un árbol de clasificación es una forma de representar el conocimiento obtenido en el proceso de aprendizaje inductivo. Puede considerarse como la estructura resultante de la partición binaria recursiva del espacio de representación a partir del conjunto de registros utilizados<sup>18</sup>. Cada registro está formado por el conjunto de valores de las variables predictoras y el valor de la variable resultado que corresponde a cada caso. Esta partición binaria recursiva se plasma en una organización jerárquica del espacio de representación que puede modelarse mediante una estructura tipo árbol<sup>19</sup>. Cada nodo interior contiene una pregunta sobre una variable predictora concreta (con un hijo para cada una de las 2 posibles respuestas) y cada nodo hoja se refiere a un resultado (o clasificación)<sup>20</sup>.

Un esquema sencillo puede apreciarse en la figura 1.

Figura 1. Esquema de partición dicotómica en la construcción del árbol de decisión.

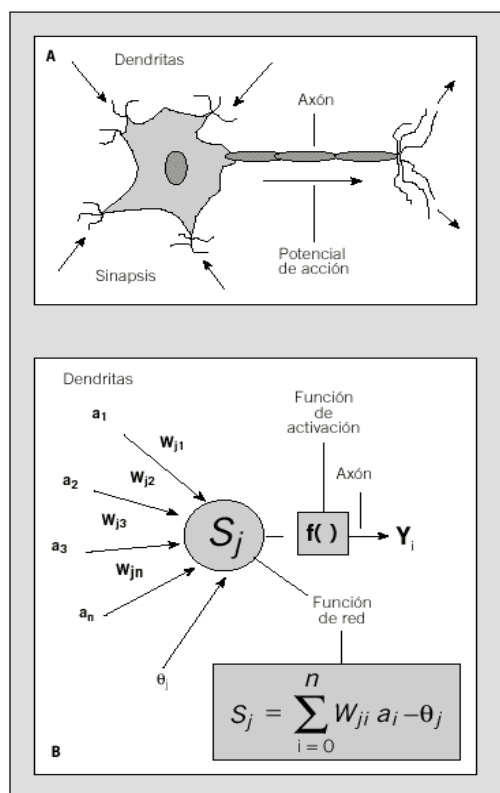


A) Problema de clasificación en el plano con 2 variables X e Y.

B) Estructura simple de árbol de decisión con partición dicotómica de variables (v. texto para interpretación).

El problema es separar (clasificar) entre los 2 tipos de figuras (puntos y cruces) en el plano utilizando los valores de las 2 variables (X e Y). Se parte del nodo raíz con 20 puntos y 10 cruces. La primera pregunta es sobre la variable X (valores por encima de 3); si son valores por encima de 3 se constituye un nodo hoja (1) que clasifica correctamente 15 puntos. Si el valor de X no supera a 3 (se tienen 5 puntos y 10 cruces) y surge la segunda pregunta sobre la variable Y (por encima del valor 3), si son valores superiores a 3 en el nodo hoja (3) se clasifican 9 cruces y un punto. Si el valor de Y no supera a 3 se concluye en el nodo hoja (2) con 4 puntos y una cruz. Se podría seguir haciendo particiones sucesivas hasta conseguir una clasificación pura. Naturalmente, en la mayoría de las ocasiones no se encuentra una clasificación absoluta o el árbol necesario para conseguirla es muy grande (se podría llegar a un árbol con tantos nodos hojas como registros disponibles en nuestra base de datos) <sup>21</sup>.

El otro método utilizado es el de las redes neuronales artificiales (RN). Una RN es un algoritmo de cálculo que se basa en una analogía del sistema nervioso. La idea general consiste en emular la capacidad de aprendizaje del sistema nervioso, de manera que la RN aprenda a identificar un patrón de asociación entre los valores de un conjunto de variables predictoras (entradas) y los estados que se consideran dependientes de dichos valores (salidas). Desde un punto de vista técnico, la RN consiste en un grupo de unidades de proceso (nodos) que se asemejan a las neuronas al estar interconectadas por medio de un entramado de relaciones (pesos) análogas al concepto de conexiones sinápticas en el sistema nervioso<sup>22</sup>. A partir de los nodos de entrada, la señal progresa a través de la red hasta proporcionar una respuesta en forma de nivel de activación de los nodos de salida. Los valores de salida proporcionan una predicción del resultado en función de las variables de entrada. Desde el punto de vista de implementación práctica, los nodos son elementos computacionales simples que emulan la respuesta de una neurona a un determinado estímulo. Estos elementos, como las neuronas en el sistema nervioso, funcionan como interruptores: cuando la suma de señales de entrada es suficientemente alta (en el caso de una neurona se diría que se acumula suficiente neurotransmisor), la neurona manda una señal a las neuronas con las que mantiene contacto (se genera un potencial de acción) <sup>23</sup>. Esta situación se modela matemáticamente como una suma de pesos de todas las señales de llegada al nodo que se compara con un umbral característico. Si el umbral se supera, entonces el nodo se dispara, mandando una señal a otros nodos, que a su vez procesarán esa información juntamente con la que reciben de nodos adyacentes (fig. 2). Evidentemente, la respuesta



de cada nodo dependerá del valor de las interacciones con los nodos precedentes dentro de la estructura de la red. Como en el caso del sistema nervioso, el poder computacional de una RN deriva no de la complejidad de cada unidad de proceso sino de la densidad y complejidad de sus interconexiones<sup>24</sup>.

Figs. 2a y 2b. Comparación entre la neurona biológica (A) y la neurona artificial (B).

Hay cierto interés por parte del grupo de trabajo de UCI del HUAV en saber la razón de los datos que les llegan de farmacia. Estos datos reflejan que el aporte de nutrición parenteral ha aumentado en los últimos años y, además, el aporte enteral a disminuido. El interés de saber el por qué radica en que los estándares de calidad actuales dicen que debería pasar lo contrario.

El objetivo principal de este trabajo es el de describir la cohorte de pacientes ingresados en la UCI del HUAV, agrupados según el tipo de aporte nutricional recibido en cada caso. Esta descripción se realiza en tres periodos de tiempo diferenciados (1996-2001; 2002-2006; 2007-2011). Con esto sabremos si el tipo de indicación del aporte nutricional en la cohorte de pacientes de UCI ha cambiado y por qué. Estas cohortes se dividen en 4 grupos: No precisa (el paciente necesita un aporte nutricional), no es posible (no es posible el aporte nutricional al paciente, esto puede ser debido a diversas razones), parenteral (el paciente ha recibido un soporte nutricional vía nutrición parenteral) y enteral (el paciente ha recibido un soporte nutricional vía nutrición enteral). Estas cohortes son homogéneas para este estudio en la medida en que son estos y no otros los pacientes que han ingresado en la UCI del HUAV en los periodos de tiempo sometidos a estudio. La elección de estos periodos no ha sido al azar, sino que cada período corresponde con algún suceso en el hospital, como la incorporación de un neurocirujano en 2001, la admisión de pacientes con cirugía abdominal en el último periodo de tiempo o el incremento del número de camas disponibles en UCI con el paso de los años.

Con estos datos se pueden elaborar modelos predictivos, a partir de las variables recogidas en las primeras 24h de ingreso de los pacientes, para saber qué tipo de aporte

nutricional necesita un paciente que ingresa en la unidad. Además, se podrán identificar, en el modelo tipo árbol, los subgrupos de paciente que tienen un aporte enteral menor del esperado.

Los resultados de este estudio responden a estos objetivos en la medida en que hemos sido capaces de elaborar los modelos predictivos necesarios.

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

### **1-Tipo de estudio**

Estudio de cohortes retrospectivo. Base de datos de la unidad de cuidados intensivos (UCI) polivalente. Estudio descriptivo y de creación de modelos de asignación de probabilidad según tipo de aporte nutricional.

Criterios de selección de pacientes- Pacientes con más de 24 horas de estancia en UCI. Desde el año 1996 al 2011.

Se establecieron 3 periodos de tiempo (1996-2001, 2002-2006 y 2007-2011) según evolución de las características de la UCI y del control y programas de nutrición artificial aplicados en las distintas etapas. (Ver primera sección de Resultados).

No se requirió consentimiento informado de los pacientes (datos recogidos en el proceso asistencial). Se aseguró en todo momento el anonimato.

### **2- Grupos de pacientes según aporte nutricional**

Los pacientes se clasificaron en 4 grupos según necesidades de aporte nutricional:

- NO PRECISA- Pacientes que no necesitan un aporte nutricional artificial. Aparato digestivo competente y posibilidad de ingesta oral.
- NO PUEDE- Pacientes en que, dada su gravedad y situación crítica, no se plantea dar un aporte nutricional. Estos pacientes morirán.
- ENTERAL- Pacientes que han precisado más de 24 horas de aporte enteral. Procedimiento de aporte de nutrición enteral según protocolo de UCI.
- PARENTERAL- Pacientes que han precisado más de 24 horas de aporte parenteral. Procedimiento de aporte parenteral según protocolo de UCI. Aunque este paciente pase posteriormente a un programa de aporte enteral solo se considera en este grupo.

### 3- Variables recogidas

- Demográficas: Edad (años), Sexo (Hombre/Mujer).
- Antecedentes: Antecedente de enfermedad orgánica previa. Según clasificación APACHE II <sup>25</sup>.
- Tipo ingreso: Urgente o Programado.
- Grupos diagnósticos: Agrupados con modificación de la propuesta por Knaus en el APACHE II. TRAUMÁTICO (Origen traumático del motivo de ingreso). NEUROLÓGICO (Enfermedad neurológica). RESPIRATORIO (Enfermedad que afecta al sistema respiratorio). CIRUGÍA (Proceso quirúrgico) y O MÉDICOS (Resto de procesos médicos no incluidos en los anteriores apartados).
- Procedimientos UCI: VM (Ventilación mecánica en las primeras 24 horas de ingreso en UCI). NA (Necesidad de perfusión continua, más de 24 horas, de Noradrenalina para mantener una correcta tensión arterial).
- Nivel de gravedad: Puntuación APACHE II (Acute Physiology and Chronic Health Evaluation II). En valor absoluto y en rangos (0-10, 11-15, 16-20 y >20).
- Estancia en UCI (días)
- Mortalidad: Mortalidad del episodio hospitalario.

### 4- Modelo basado en Red Neuronal Artificial

- Empleamos el programa comercial NeuroIntelligence (Alyuda Corporation). El programa tiene un sistema de funcionamiento por fases didácticas (Análisis, Preprocesamiento, Diseño, Entrenamiento y valoración) <sup>27</sup>.
- Análisis: Captura de datos desde EXCEL. Asignación de variables predictoras y objetivo (target).
- Preprocesamiento: Sistema de partición de grupos de entrenamiento (training) y validación (validation) aleatorio (70:30). Estandarización de variable continua (Edad).
- Diseño: Sistema de búsqueda de arquitectura óptima de la red. Una sola capa oculta. Elección de red óptima según criterios de menor error en grupo de validación.
- Entrenamiento (training): Algoritmo de entrenamiento QUICK PROPAGATION (modificación mejorada del algoritmo de backpropagation del perceptron multicapas clásico). Parámetros del algoritmo (seleccionados por defecto) con coeficiente de propagación de 1,75 y coeficiente de aprendizaje de 0,1). Función de actividad de los nodos de enlace y de salida LOGÍSTICA. Criterio de parada del entrenamiento (Maximizar el porcentaje de correcta clasificación o un máximo de 500 iteraciones).
- Valoración: Matriz de confusión (tabla de valores observados y sus predicciones) y generar probabilidades para cada paciente de los 4 grupos según necesidad nutricional. El programa clasifica las variables empleadas según peso (importancia) en el modelo final <sup>28</sup>.



## 5- Modelo basado en árbol de clasificación

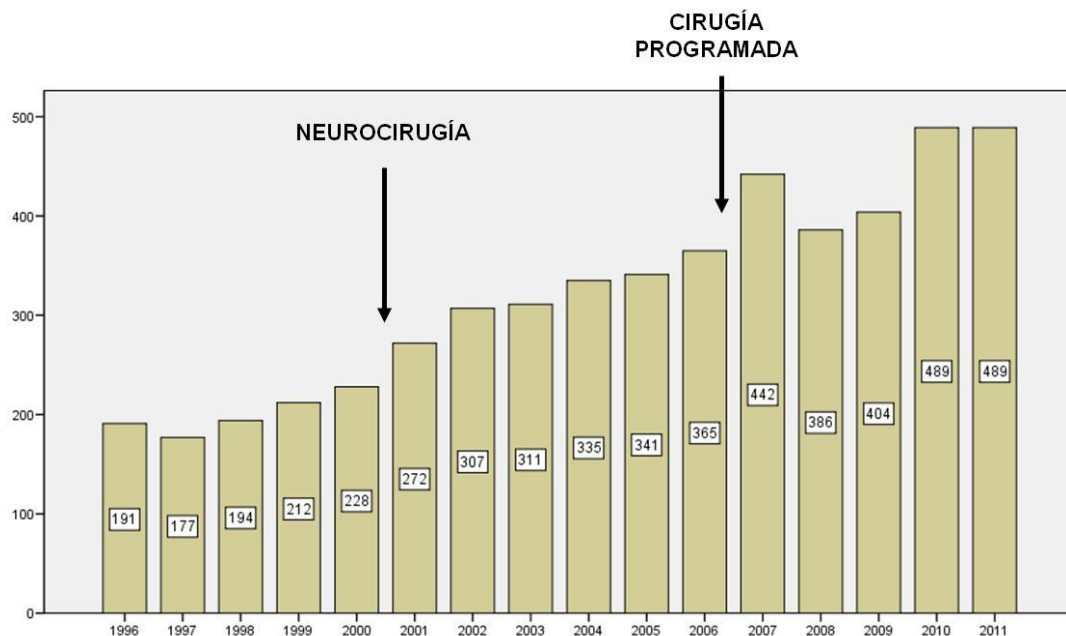
- Empleamos el módulo de SPSS (versión 16.0) para generar árboles de clasificación.
- Modelo de árbol seleccionado: CHAID (Chi Square Automatic Interaction Detection). Basado en corrección de valores de partición según test de Bonferroni. Nivel de significación de 0,05<sup>26</sup>.
- Selección Automática de variables. Selección automática de puntos de corte para variables.
- Validación interna con Validación cruzada (10 particiones). Criterio de poda del árbol por reducción del error en el test de validación.
- Criterio de parada del crecimiento del árbol: hasta conseguir reducir el error o hasta un mínimo de pacientes en el nodo final (hoja) de 50.
- Se guarda la categoría más probable (para generar la matriz de confusión) y las probabilidades asignadas para cada paciente de los grupo según necesidad nutricional.
- Los dos modelos emplearon las mismas variables de entrada.

## 6- Procedimiento estadístico

- Valores de las variables mostradas como media±desviación estándar o como porcentaje. Gráficos de barras para descripción de porcentajes (o frecuencias) y de barras de error (media con su intervalo de confianza al 95 %).
- Comparativa entre variables (para más de 2 grupos) mediante chi-cuadrado en variables discretas y con el test de Kruskal-Wallis para las continuas. Nivel de significación de 0,05.
- Comparativa entre los modelos: Realización de curvas de rendimiento diagnóstico (Curva ROC) con el cálculo del área bajo la curva (ABC) y aceptando como buena una ABC superior a 0,70. Y, generando gráficos de dispersión entre las probabilidades individuales calculadas entre los dos modelos.
- Programa estadístico SPSS (versión 16.0).

## RESULTADOS

### 1- Análisis descriptivo del grupo general (establecer grupos según periodo de tiempo).



*Figura 3 – Número de ingresos (más de 24 horas) según año de estudio.*

En la figura 3 se observa la evolución del número de ingresos y su progresivo aumento hasta llegar a los casi 500 en los últimos años. Se pueden diferenciar 3 periodos marcados por cambios importantes en el tipo de pacientes admitidos. En el año 2001 se incorporó el Servicio de Neurocirugía y a partir del 2007 nuevo tipos de cirugía programada abdominal (pancreática y hepática).

En la figura 4 se remarcen los 3 periodos de estudio que también se diferencian según la incorporación y modificación de la puesta en marcha de los protocolos de control y seguimiento de nutrición artificial en el Hospital.

## 1996-2011: Análisis del soporte nutricional

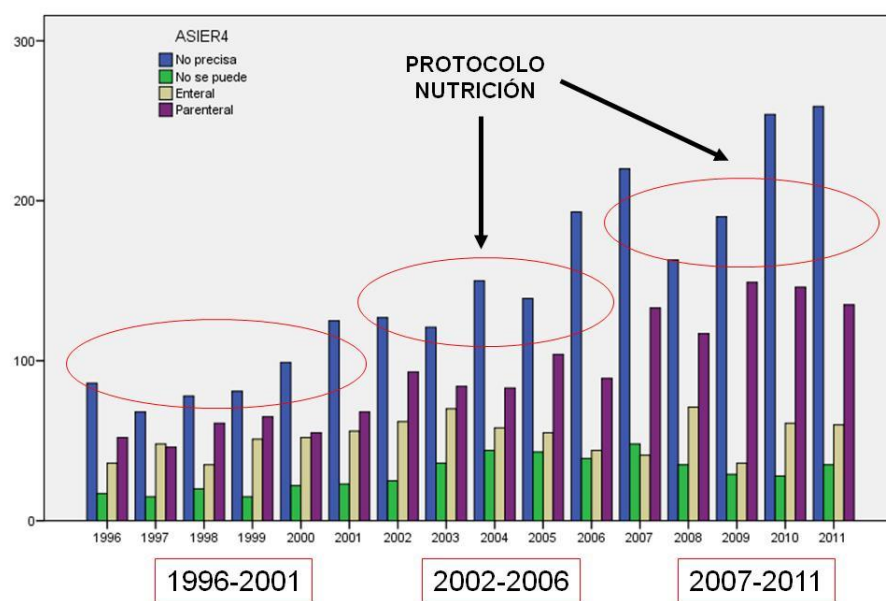


Figura 4 – Tipo de aporte nutricional según años de estudio. Se indican los 3 periodos de clasificación del estudio.

Los 3 periodos de estudio se diferencian en muchos aspectos. En la figura 5 se muestra la diferente mortalidad que se ha ido reduciendo según la incorporación de distinto perfil de pacientes.

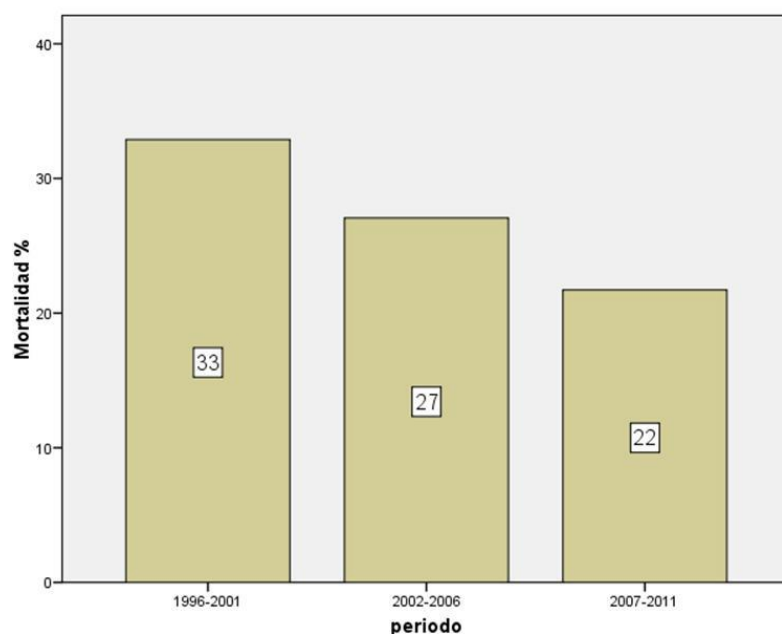
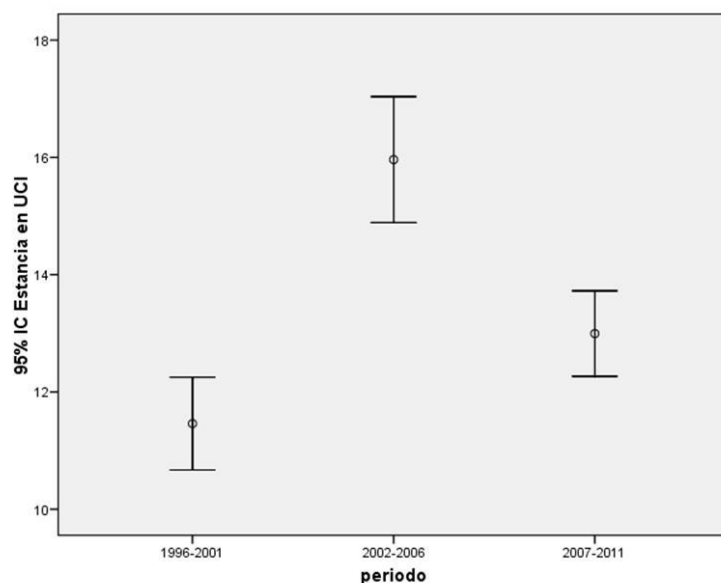
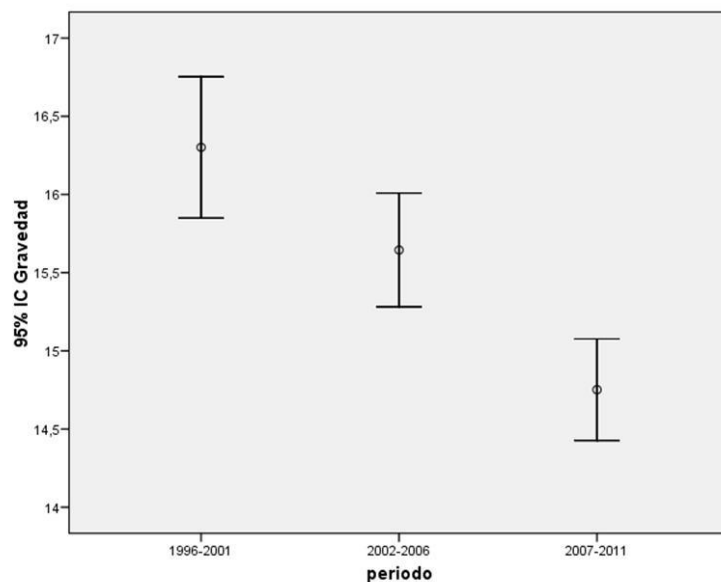


Figura 5 – Evolución de la mortalidad según periodo de estudio.

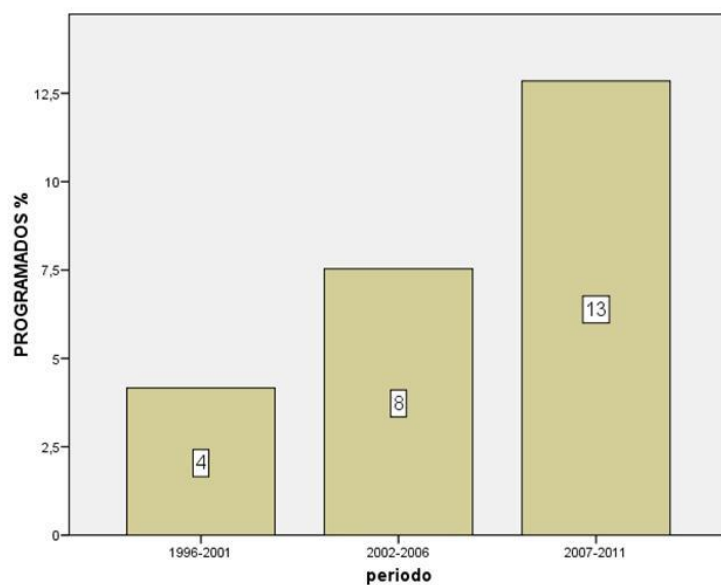


*Figura 6- Evolución de la estancia en UCI según periodo de estudio.*

En las figuras 6 y 7 se observa la evolución de la estancia y de la gravedad según los periodos de estudio. Se identifica una bajada de la puntuación de APACHE II que se atribuye a la incorporación de más pacientes programados.



*Figura 7- Evolución de la gravedad (medida según escala APACHE II) según periodo de estudio.*



*Figura 8 – Evolución del porcentaje de pacientes con ingreso programado según periodo de estudio.*

En la figura 8 se observa como se ha ido aumentando el porcentaje (y el número total) de pacientes con ingreso programado según el tiempo de estudio.

## 2- Análisis descriptivo según periodos del estudio.

**Tabla 1.** Características demográficas. Según periodo de estudio (n=5143)

	<b>TOTAL (n = 5143)</b>	<b>1996-2001 (n = 1274)</b>	<b>2002-2006 (n =1659)</b>	<b>2007-2011 (n=2210)</b>	<b>p<sup>b</sup></b>
<b>Sexo (hombre) (%)</b>	64,9	66,2	66,7	62,9	0,028
<b>Edad (años) <sup>a</sup></b>	55,3±19	54,8±19	54,4±19	56,3±18	0,003
<b>Antecedentes (%)</b>	16,7	28,5	6,0	18,0	< 0,001
<b>Programado (%)</b>	9,0	4,2	7,5	12,9	< 0,001
<b>Procedencia (%)</b>					< 0,001
Urgencias	51,2	54,2	52,8	48,2	
H Comarcal	5,0	5,6	5,6	4,3	
Planta	16,7	18,7	13,4	17,9	
Quirófano	27,1	21,6	28,1	29,5	
<b>Diagnósticos (%)</b>					< 0,001
TRAUMÁTICO	26,7	27,9	32,0	21,9	
NEUROLÓGICO	16,8	24,2	13,7	14,9	
RESPIRATORIO	15,8	9,7	18,1	17,6	
CIRUGÍA	19,6	17,0	18,7	21,9	
O MÉDICOS	21,0	21,2	17,4	23,7	
<b>VM (%)</b>	58,5	59,7	65,2	52,8	< 0,001
<b>NA (%)</b>	27,6	15,5	28,6	33,9	< 0,001
<b>APACHE II <sup>a</sup></b>	15,4±8	16,3±8	15,6±8	14,8±8	< 0,001
<b>Estancia (días) <sup>a</sup></b>	13,6±17	11,5±14	16,0±22	13,0±17	< 0,001
<b>Mortalidad (%)</b>	26,2	32,9	27,1	21,7	< 0,001

VM: Ventilación Mecánica. NA: Noradrenalina. <sup>a</sup>: media±desviación estándar; <sup>b</sup>: Comparación entre grupos con el test de  $\chi^2$  y para variables continuas con el test de Kruskal-Wallis.

En la tabla 1 se muestran los resultados generales (TOTAL) y según periodos de tiempo del estudio. Las variables incluidas alcanzan diferencias significativas que confirman las diferencias entre los distintos periodos de tiempo.

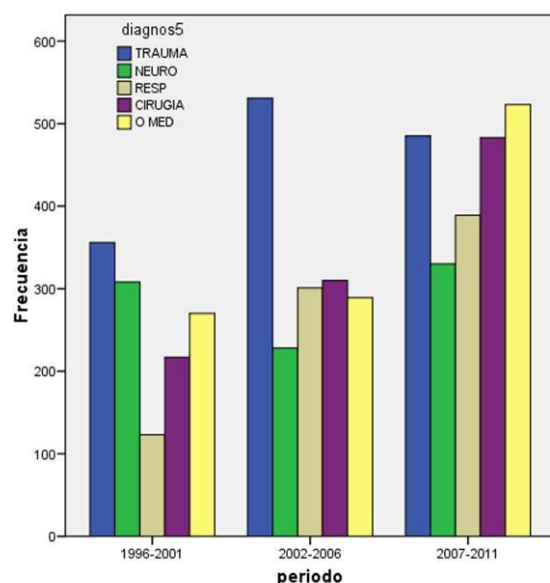


Figura 9 – Evolución del grupo diagnóstico según periodo de estudio.

En la figura 9 se muestra la evolución del grupo diagnóstico según periodo de estudio. Se remarca el aumento de pacientes traumáticos en el periodo 2002-2006 y el del grupo de cirugía en el periodo 2007-2011.

En la tabla 2 se indican los cambios en el tipo de aporte nutricional según periodo de estudio. Es de remarcar el resultado no esperado del aumento del porcentaje de aporte de nutrición parenteral en el periodo de tiempo más reciente (2007-2011).

**Tabla 2.** Características tipo de aporte nutricional artificial. Según periodo de estudio (n=5143)

	TOTAL (n = 5143)	1996-2001 (n = 1274)	2002-2006 (n =1659)	2007-2011 (n=2210)
<b>NO PRECISA</b>	45,8	42,2	44,0	62,9
<b>NO PUEDE</b>	9,2	8,8	11,3	7,9
<b>ENTERAL</b>	16,3	21,8	17,4	12,2
<b>PARENTERAL</b>	28,8	27,2	27,3	30,8

Valores como porcentajes. <sup>a</sup>: Comparación entre grupos con el test de  $\chi^2$ .  
Diferencia significativa con  $p < 0,001$ .

### 3- Análisis por periodo (según tipo nutrición)

#### a- Periodo 1996-2001

**Tabla 3.** Características demográficas según tipo de aporte nutricional. Periodo de estudio 1996-2001 (n=1274)

	NO PRECISA (n = 537)	NO PUEDE (n = 112)	ENTERAL (n =278)	PARENTERAL (n=347)	<i>p</i> <sup>b</sup>
<b>Sexo (hombre) (%)</b>	62,9	61,6	69,4	70,3	0,057
<b>Edad (años) <sup>a</sup></b>	50,9±20	64,6±15	59,4±18	53,9±19	< 0,001
<b>Antecedentes (%)</b>	21,6	37,5	44,6	23,3	< 0,001
<b>Programado (%)</b>	6,1	0,9	3,2	2,9	0,016
<b>Diagnósticos (%)</b>					< 0,001
TRAUMÁTICO	32,0	17,0	24,5	28,0	
NEUROLÓGICO	21,4	26,8	43,2	12,4	
RESPIRATORIO	9,3	16,1	16,9	2,3	
CIRUGÍA	11,7	20,5	2,5	35,7	
O MÉDICOS	25,5	19,6	12,9	21,6	
<b>VM (%)</b>	28,3	80,4	87,4	79,3	< 0,001
<b>NA (%)</b>	0,7	38,4	7,9	37,2	< 0,001
<b>APACHE II <sup>a</sup></b>	12,2±7	24,5±6	18,9±7	17,9±8	< 0,001
<b>APACHE II (Rangos)</b>					< 0,001
0-10	45,8	0,0	11,5	16,7	
11-15	25,9	6,3	20,9	28,2	
16-20	15,3	18,8	28,8	20,5	
> 20	13,0	75,0	38,8	34,6	
<b>Estancia (días) <sup>a</sup></b>	4,7±5	4,6±5	15,9±14	20,5±19	< 0,001
<b>Mortalidad (%)</b>	4,1	100	43,2	47,6	< 0,001

VM: Ventilación Mecánica. NA: Noradrenalina. <sup>a</sup>: media±desviación estándar; <sup>b</sup>: Comparación entre grupos con el test de  $\chi^2$  y para variables continuas con el test de Kruskal-Wallis.

Como se aprecia en la tabla 3 los grupos según tipo de aporte nutricional tienen características diferentes. El grupo NO SE PUEDE se caracteriza por pacientes que morirán sin haber tenido tiempo de considerar el tipo de aporte nutricional. Todas las variables incluidas muestran diferencias según estos grupos.



**b- Periodo 2002-2006****Tabla 4.** Características demográficas según tipo de aporte nutricional. Periodo de estudio 2002-2006 (n=1659)

	<b>NO PRECISA (n = 730)</b>	<b>NO PUEDE (n = 187)</b>	<b>ENTERAL (n =289)</b>	<b>PARENTERAL (n=453)</b>	<b>p<sup>b</sup></b>
<b>Sexo (hombre) (%)</b>	64,8	64,7	68,2	69,5	0,326
<b>Edad (años) <sup>a</sup></b>	50,6±19	62,3±18	58,1±17	55,0±18	< 0,001
<b>Antecedentes (%)</b>	3,7	11,8	6,6	7,1	< 0,001
<b>Programado (%)</b>	12,7	4,3	3,8	2,9	< 0,001
<b>Diagnósticos (%)</b>					< 0,001
TRAUMÁTICO	34,2	24,1	29,8	33,1	
NEUROLÓGICO	14,0	15,5	22,1	7,3	
RESPIRATORIO	20,4	23,0	28,7	5,7	
CIRUGÍA	11,9	16,0	3,8	40,0	
O MÉDICOS	19,5	20,9	15,6	13,9	
<b>VM (%)</b>	39,5	81,8	91,3	83,0	< 0,001
<b>NA (%)</b>	7,7	53,5	19,4	57,8	< 0,001
<b>APACHE II <sup>a</sup></b>	11,7±6	22,8±8	17,6±6	17,8±7	< 0,001
<b>APACHE II (Rangos)</b>					< 0,001
<b>0-10</b>	48,4	6,4	12,8	14,8	
<b>11-15</b>	28,1	10,2	25,3	24,1	
<b>16-20</b>	12,9	24,6	30,1	27,6	
<b>&gt; 20</b>	10,7	58,8	31,8	33,6	
<b>Estancia (días) <sup>a</sup></b>	6,4±9	5,2±6	21,7±20	32,3±30	< 0,001
<b>Mortalidad (%)</b>	3,4	100	26,3	35,5	< 0,001

VM: Ventilación Mecánica. NA: Noradrenalina. <sup>a</sup>: media±desviación estándar; <sup>b</sup>: Comparación entre grupos con el test de  $\chi^2$  y para variables continuas con el test de Kruskal-Wallis.

En la tabla 4 se muestran los resultados de comparación según tipo de aporte nutricional en el periodo 2002-2006. Se siguen manteniendo las diferencias en las variables estudiadas.

**c- Periodo 2007-2011****Tabla 5.** Características demográficas según tipo de aporte nutricional. Periodo de estudio 2007-2011 (n=2210)

	<b>NO PRECISA (n = 1086)</b>	<b>NO PUEDE (n = 175)</b>	<b>ENTERAL (n =269)</b>	<b>PARENTERAL (n=680)</b>	<b>p<sup>b</sup></b>
<b>Sexo (hombre) (%)</b>	58,8	66,9	68,4	66,2	< 0,001
<b>Edad (años) <sup>a</sup></b>	53,6±18	61,9±16	57,8±17	58,7±18	< 0,001
<b>Antecedentes (%)</b>	14,9	28,0	16,4	20,9	< 0,001
<b>Programado (%)</b>	20,0	1,7	5,6	7,2	< 0,001
<b>Diagnósticos (%)</b>					< 0,001
TRAUMÁTICO	22,9	15,4	22,3	21,9	
NEUROLÓGICO	13,2	17,7	27,5	12,1	
RESPIRATORIO	21,3	25,1	28,3	5,6	
CIRUGÍA	16,2	14,9	4,8	39,4	
O MÉDICOS	26,4	26,9	17,1	21,0	
<b>VM (%)</b>	30,6	73,1	92,9	67,2	< 0,001
<b>NA (%)</b>	13,7	64,6	40,1	55,9	< 0,001
<b>APACHE II <sup>a</sup></b>	11,5±7	23,6±7	17,3±7	16,7±7	< 0,001
<b>APACHE II (Rangos)</b>					< 0,001
<b>0-10</b>	50,7	2,3	14,9	20,0	
<b>11-15</b>	24,6	8,0	26,4	25,9	
<b>16-20</b>	14,6	28,0	32,7	25,9	
<b>&gt; 20</b>	10,0	61,7	26,0	28,2	
<b>Estancia (días) <sup>a</sup></b>	6,2±8	6,0±9	21,3±21	22,3±22	< 0,001
<b>Mortalidad (%)</b>	2,8	100	23,8	31,0	< 0,001

VM: Ventilación Mecánica. NA: Noradrenalina. <sup>a</sup>: media±desviación estándar; <sup>b</sup>: Comparación entre grupos con el test de  $\chi^2$  y para variables continuas con el test de Kruskal-Wallis.

En la tabla 5 se muestran los resultados de comparación según tipo de aporte nutricional en el periodo 2007-2011. Se siguen manteniendo las diferencias en las variables estudiadas.

#### 4- Modelos de probabilidad de grupo de nutrición

##### 1. Periodo 1996-2001

##### 1.1. Red Neuronal Artificial (programa Neurointelligence)

A continuación se muestran las pantallas del desarrollo de la aplicación de una Red Neuronal Artificial en el programa Neurointelligence. El desarrollo es secuencial por fases:

	(N) ID	(N) EDAT	(C2) SEX	(C2) MUERTO	(C2) VME	(C2) URGENTE	(C2) IORG	(N) APACHE	(N) ESTADA	(C2) NORADRE	(C5) ASIER3	(C4) ASIER4	(N) periodo	(C4) APACHER	(C5) diagnos5
TRN	24	61	1	0	0	1	1	17	2	0	4	4	1	3	5
VLD	25	43	1	0	1	1	1	21	7	0	3	3	1	4	3
TST	26	72	2	0	1	1	0	20	7	0	1	1	1	3	4
TRN	28	65	1	0	0	1	0	6	3	0	1	1	1	1	4
TRN	29	69	2	0	1	1	0	28	3	0	3	3	1	4	3
TRN	30	72	1	1	1	1	1	24	15	0	3	3	1	4	3
TRN	31	58	2	0	0	1	0	18	1	0	1	1	1	3	6
TRN	32	72	1	1	1	1	1	30	16	0	3	3	1	4	3
TST	33	59	1	1	1	1	0	7	12	1	4	4	1	1	6
VLD	35	25	1	0	1	1	1	15	4	0	1	1	1	2	1
TRN	36	68	2	1	0	1	1	10	2	0	1	1	1	1	3
TRN	37	65	2	1	1	1	1	19	23	0	3	3	1	3	3
TRN	38	76	2	0	0	1	0	13	3	0	1	1	1	2	6
TRN	39	76	1	0	0	0	0	9	7	0	1	1	1	1	5
VLD	40	71	1	1	1	1	1	24	21	0	3	3	1	4	3
TRN	41	76	1	0	1	1	0	19	9	0	3	3	1	3	1
TRN	42	56	1	1	1	1	0	22	13	0	3	3	1	4	4
TST	43	77	1	1	1	1	1	32	5	0	2	2	1	4	3
TRN	45	45	1	1	0	0	0	9	11	0	4	4	1	1	6
TRN	46	72	2	1	1	1	0	39	2	1	2	2	1	4	1
TRN	48	69	1	1	1	1	0	36	6	0	2	2	1	4	3
TRN	49	66	1	1	1	1	0	37	2	1	2	2	1	4	6
VLD	50	53	1	0	1	0	0	4	7	0	4	4	1	1	5
TRN	51	62	1	1	0	1	1	20	9	0	4	4	1	3	5
TRN	52	75	2	0	0	0	0	22	9	0	4	4	1	4	5
VLD	53	72	1	1	1	1	1	21	75	0	3	3	1	4	3
TRN	54	58	1	0	0	1	0	3	3	0	1	1	1	1	1
TST	55	34	1	0	0	1	0	14	13	0	4	4	1	2	6
TRN	57	30	1	0	0	1	0	9	2	0	1	1	1	1	1
TRN	58	50	1	1	1	1	0	19	7	0	2	2	1	3	6
TRN	59	51	2	0	0	1	1	18	5	0	1	1	1	3	3
TRN	60	73	1	0	1	1	0	15	47	0	5	4	1	2	1
TRN	61	63	1	0	0	1	1	17	3	0	1	1	1	3	6
TST	63	71	1	0	0	0	0	7	2	0	1	1	1	1	5
VLD	64	39	2	0	0	1	0	13	4	0	1	1	1	2	3
TRN	66	45	1	1	0	1	1	17	2	0	4	4	1	3	5
TRN	67	75	2	1	0	1	1	22	11	0	2	2	1	4	5
TST	68	78	2	0	1	1	1	26	41	0	1	1	1	4	3
VLD	69	70	2	1	1	1	0	30	9	0	4	4	1	4	5

Figura 10 – Pantalla de ANÁLISIS del programa de RNA.

En la figura 10 se muestra la pantalla de la primera fase del programa de RNA. En esta fase de ANÁLISIS se seleccionan las variables de inclusión, la depuración de datos y la asignación de los grupos de entrenamiento y validación.

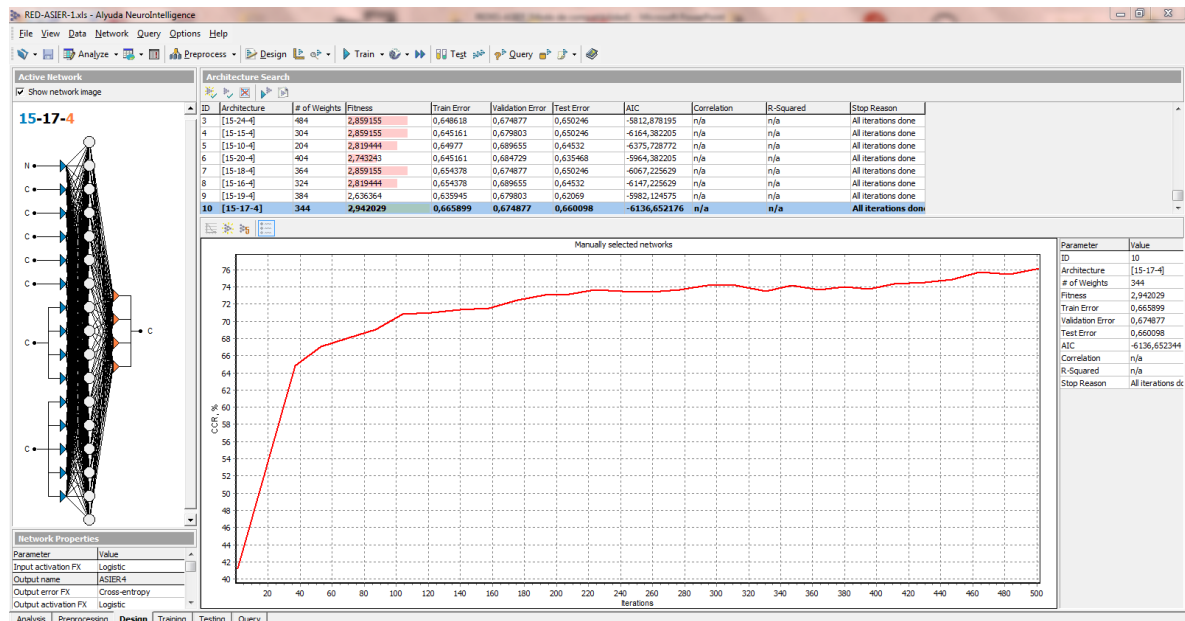


Figura 11 – Pantalla de arquitectura del DISEÑO de la RNA.

En la figura 11 se muestra la pantalla de la fase de DISEÑO del programa de RNA. La selección de la arquitectura de la red (número de nodos en la capa oculta) se hace de forma automática. La red seleccionada como óptima es en este caso la que tiene 17 nodos en la capa oculta.



Figura 12 – Pantalla de entrenamiento (TRAINING) de la RNA.

En la figura 12 se muestra la pantalla de la fase de entrenamiento (TRAINING) del programa de RNA. Se muestra la progresión del entrenamiento. También se muestra el gráfico de importancia de las variables. En este caso las variables asignadas con más importancia en el modelo son la Ventilación Mecánica (VM) y los grupos diagnósticos.

## 1.2. Árbol de clasificación (tipo CHAID)

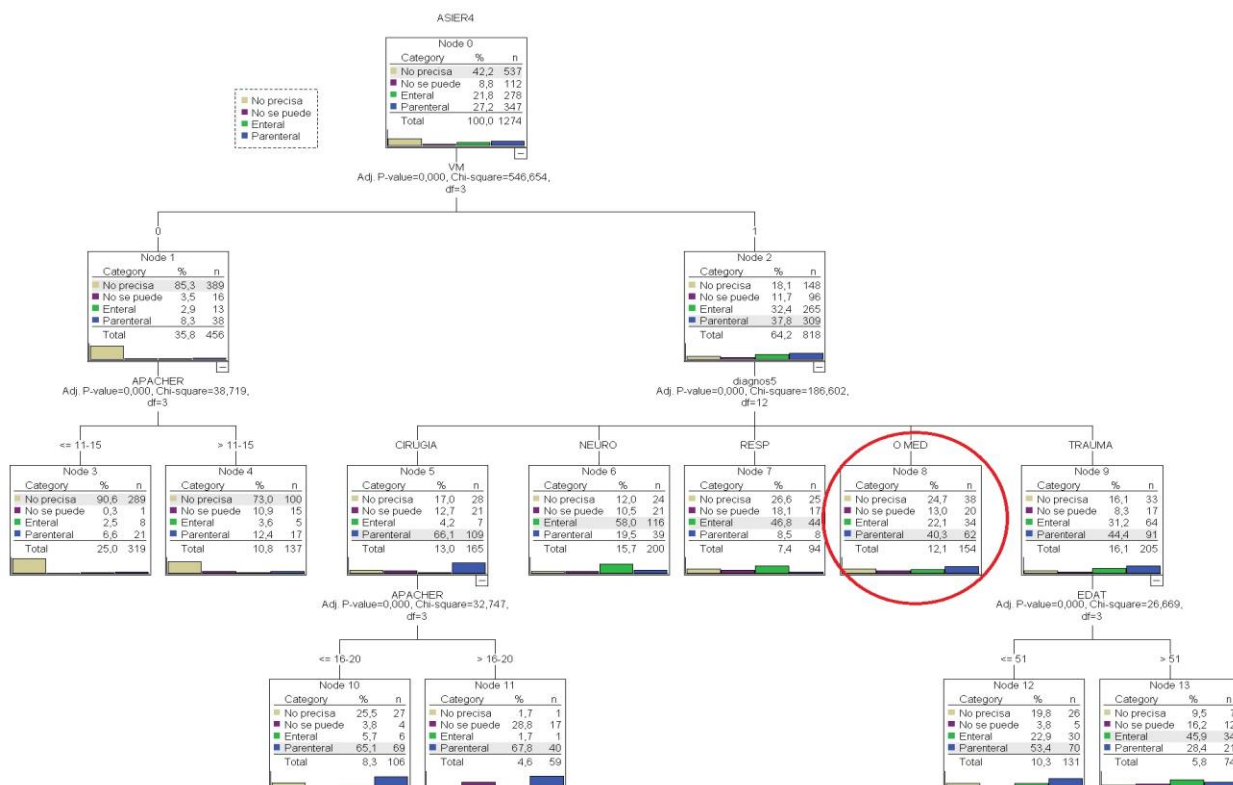


Figura 13 – Árbol de clasificación tipo CHAID. Periodo 1996-2001. Se marca en rojo los nodos “problemáticos” con pacientes con un aporte enteral menor del esperado.

En la figura 13 se muestra el árbol de clasificación del periodo 1996-2001. El árbol selecciona como primera variable la VM y luego, según presencia o no de VM, el grado de gravedad o el grupo diagnóstico. Se obtienen 9 nodos finales (hojas).

### 1.3. Valoración de los modelos. Periodo 1996-2001.

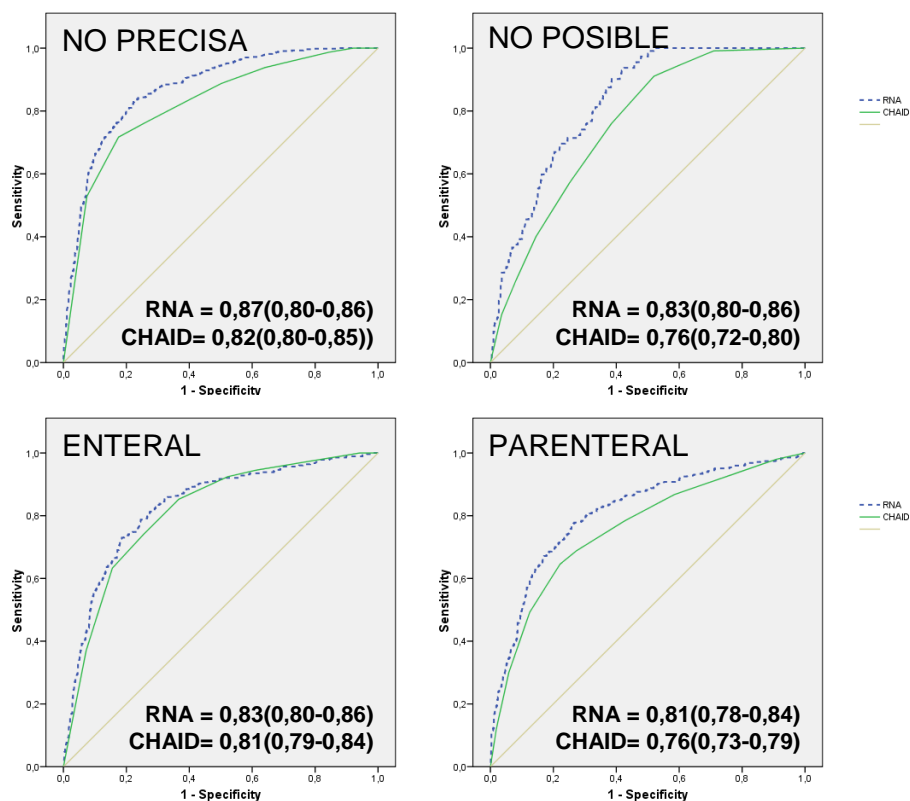


Figura 14 – Curvas de rendimiento diagnóstico (curvas ROC) comparativas entre los modelos tipo CHAID y RNA. Periodo 1996-2001.

En la figura 14 se observan pocas diferencias en las áreas bajo la curva ROC entre el modelo tipo CHAID y RNA en este periodo de estudio.

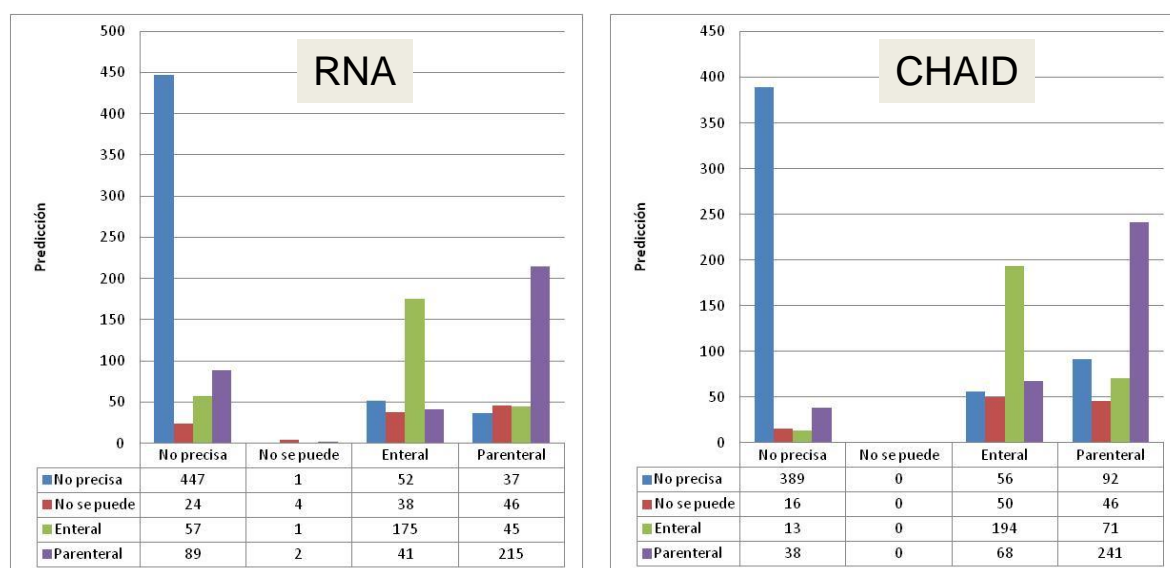


Figura 15 – Matrices de confusión entre la clasificación del tipo aporte nutricional entre los valores reales y las predicciones de los modelos RNA y CHAID. Periodo 1996-2001.

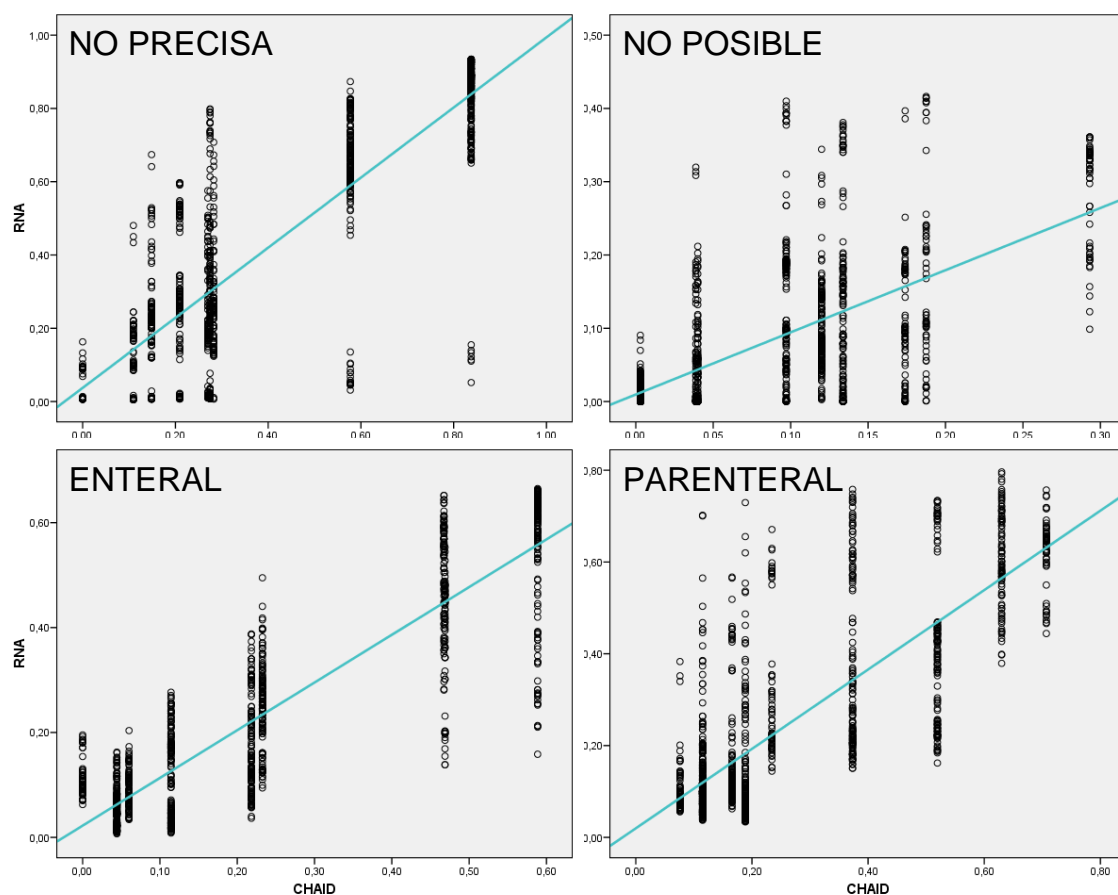


Figura 16 – Comparación entre las probabilidades obtenidas entre los modelos RNA y CHAID. Periodo 1996-2001.



En la figura 15 se muestran las matrices de confusión que determinan el porcentaje de correcta clasificación de los modelos empleados (RNA y CHAID) frente a los valores reales. Se observan los problemas en el grupo de aporte (NO SE PUEDE) en los dos modelos. En este caso hay pocas diferencias entre ambos modelos.

En la figura 16 se muestran las comparaciones entre las probabilidades obtenidas entre los modelos RNA y CHAID. Se observa una buena correlación entre los modelos.

## 2. Periodo 2002-2006

### 2.1. Red Neuronal Artificial (programa Neurointelligence)

La red óptima se estableció con 29 nodos en la capa oculta. Las variables consideradas como importantes la VM, la gravedad según APACHE II, grupos diagnósticos y la Noradrenalina.

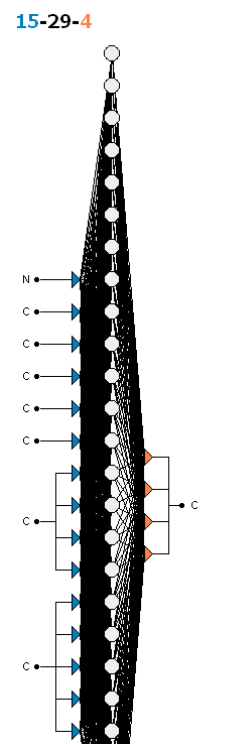


Figura 17 – Imagen de la arquitectura de la RNA seleccionada. Periodo 2002-2006.

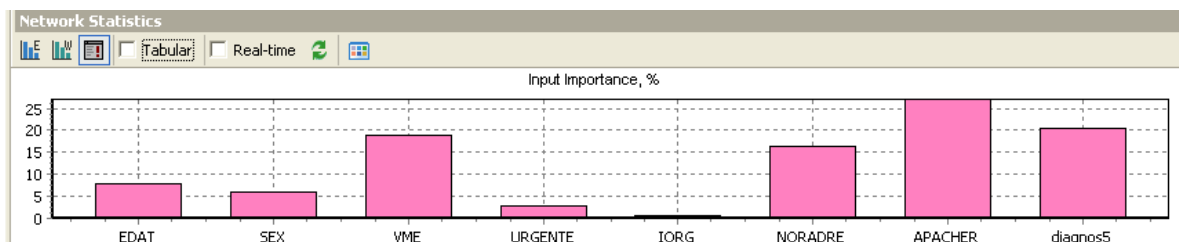
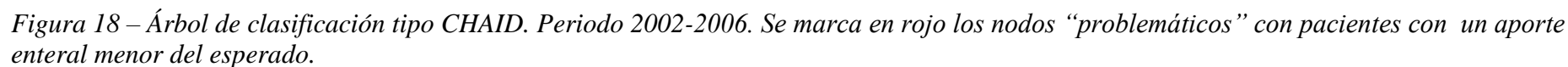


Figura 16 – Imagen de la arquitectura de la RNA seleccionada. Periodo 2002-2006.

## 2.2. Árbol de clasificación (tipo CHAID)



En la figura 18 se muestra el árbol de clasificación del periodo 2002-2006. El árbol selecciona como primera variable la NORADENALINA y luego, la VM, el grado de gravedad o el grupo diagnóstico. Se obtienen 13 nodos finales (hojas).

### 2.3. Valoración de los modelos. Periodo 2002-2006.

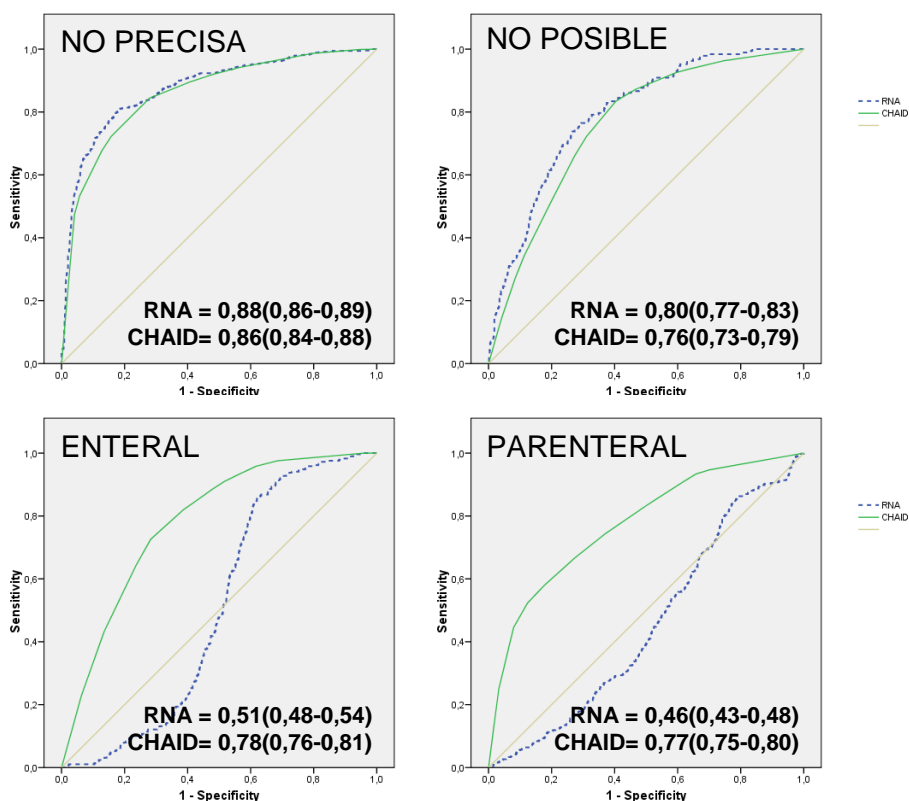


Figura 19 – Curvas de rendimiento diagnóstico (curvas ROC) comparativas entre los modelos tipo CHAID y RNA. Periodo 2002-2006.

En la figura 19 se observan las diferencias en las áreas bajo la curva ROC entre el modelo tipo CHAID y RNA en este periodo de estudio. Se remarca el mal comportamiento del modelo RNA para discriminar los grupos ENTERAL y PARENTERAL. En la figura 20 se muestran las matrices de confusión que determinan el porcentaje de correcta clasificación de los modelos empleados (RNA y CHAID) frente a los valores reales. En este caso hay diferencias entre ambos modelos.

En la figura 19 se muestran las comparaciones entre las probabilidades obtenidas entre los modelos RNA y CHAID. Se observa la falta de correlación en los grupos ENTERAL y PARENTERAL.

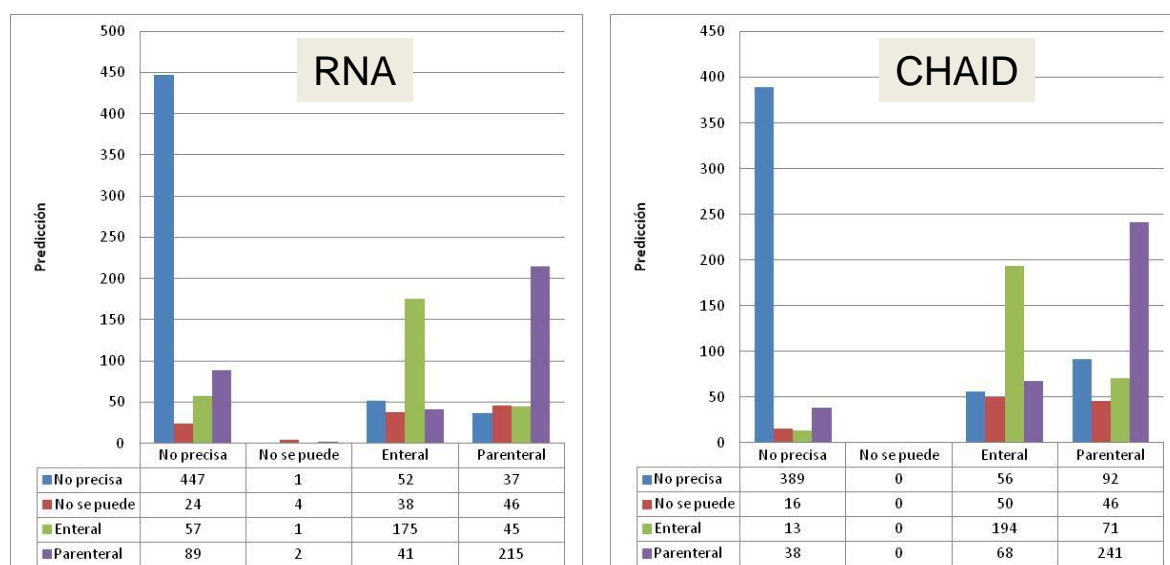


Figura 20 – Matrices de confusión entre la clasificación del tipo aporte nutricional entre los valores reales y las predicciones de los modelos RNA y CHAID. Periodo 2002-2006.

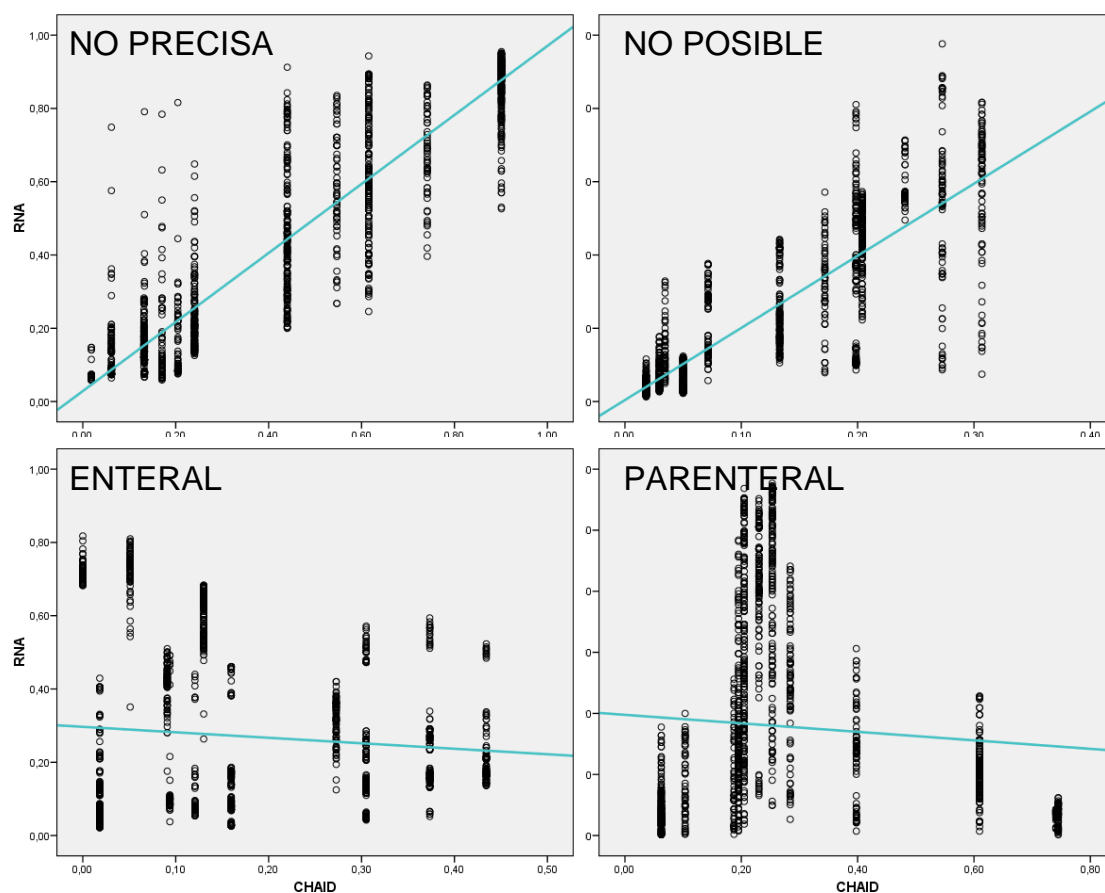


Figura 21 – Comparación entre las probabilidades obtenidas entre los modelos RNA y CHAID. Periodo 2002-2006.

### 3. Periodo 2007-2011

#### 3.1. Red Neuronal Artificial (programa Neurointelligence)

La red óptima se estableció con 18 nodos en la capa oculta. Las variables consideradas como importantes la VM, la gravedad según APACHE II y grupos diagnósticos (figura 23).

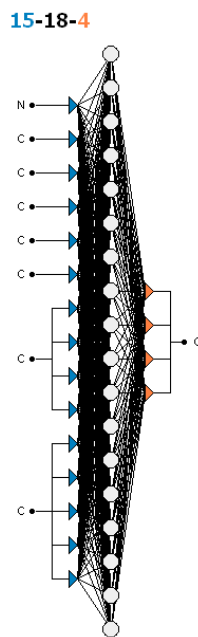


Figura 22 – Imagen de la arquitectura de la RNA seleccionada. Periodo 2007-2011.

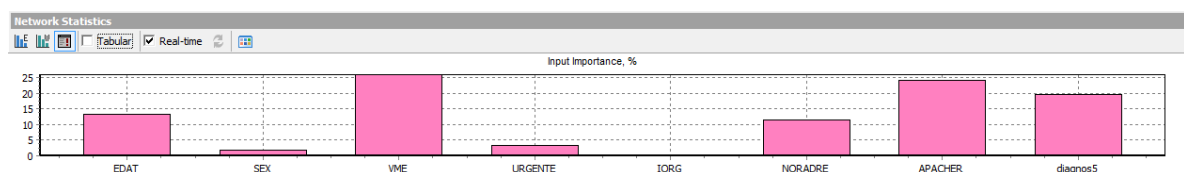


Figura 23 – Imagen de la arquitectura de la RNA seleccionada. Periodo 2007-2011.

### 3.2. Árbol de clasificación (tipo CHAID)

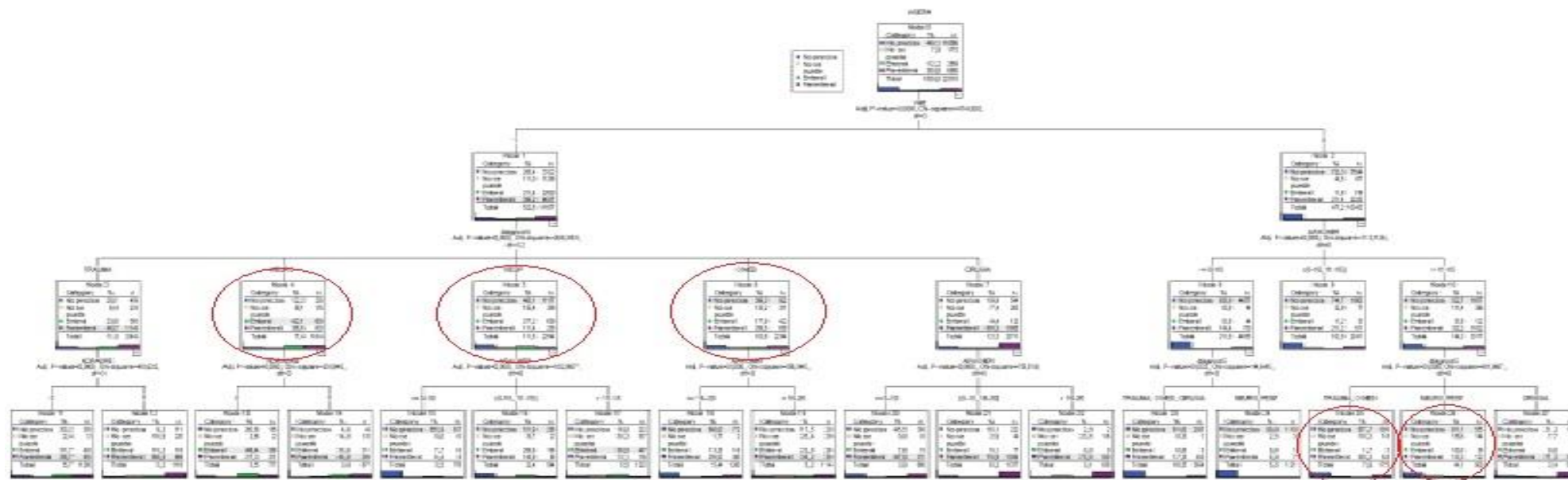


Figura 24 – Árbol de clasificación tipo CHAID. Periodo 2007-2011. Se marca en rojo los nodos “problemáticos” con pacientes con un aporte enteral menor del esperado.

En la figura 24 se muestra el árbol de clasificación del periodo 2007-2011. El árbol selecciona como primera variable la VM y luego, según presencia o no de VM, el grado de gravedad o el grupo diagnóstico. Se obtienen 17 nodos finales (hojas).

### 3.3. Valoración de los modelos. Periodo 2002-2006.

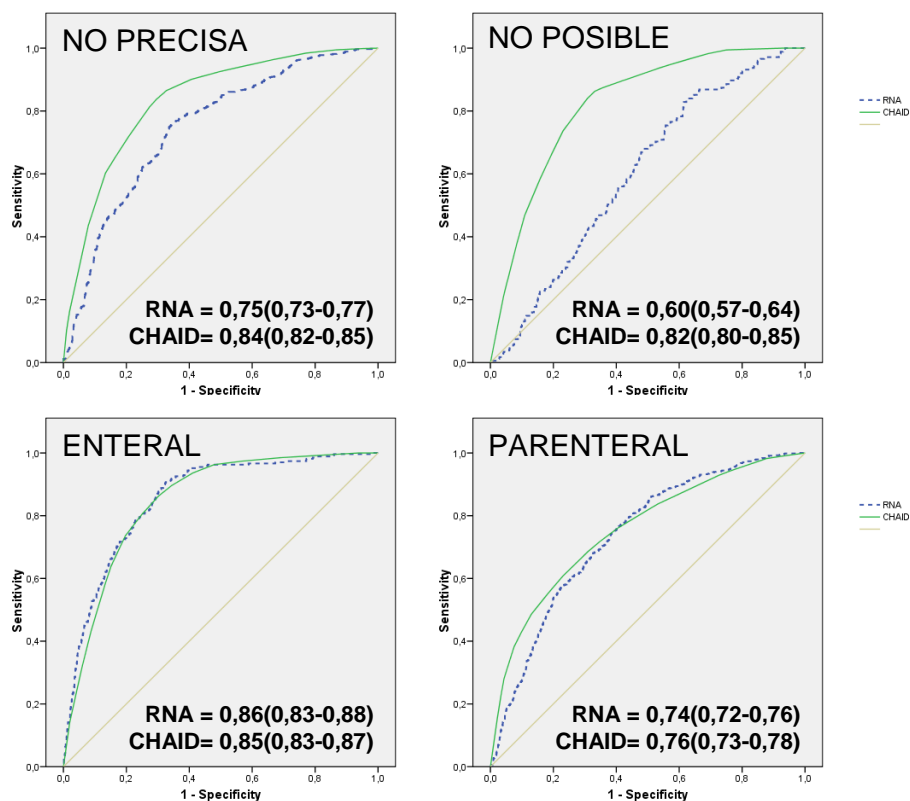


Figura 25 – Curvas de rendimiento diagnóstico (curvas ROC) comparativas entre los modelos tipo CHAID y RNA. Periodo 2007-2011.

En la figura 25 se observan las diferencias en las áreas bajo la curva ROC entre el modelo tipo CHAID y RNA en este periodo de estudio. Se remarca el mal comportamiento del modelo RNA para discriminar el grupo NO POSIBLE.

En la figura 24 se muestran las matrices de confusión que determinan el porcentaje de correcta clasificación de los modelos empleados (RNA y CHAID) frente a los valores reales. En este caso hay diferencias entre ambos modelos.

En la figura 19 se muestran las comparaciones entre las probabilidades obtenidas entre los modelos RNA y CHAID. Se observa la falta de correlación en el grupo NO POSIBLE.



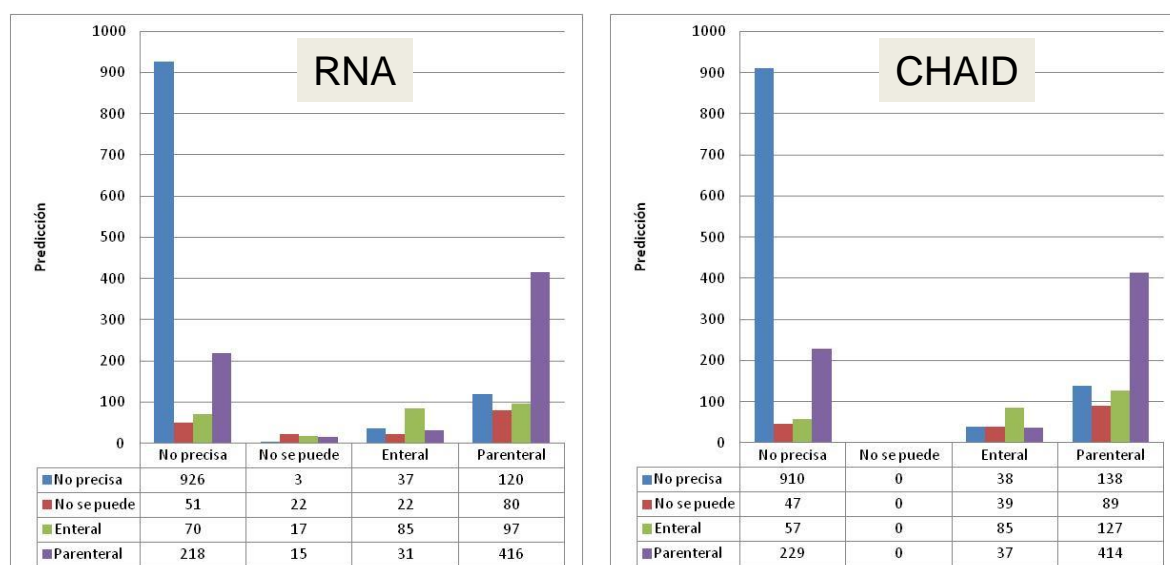


Figura 26 – Matrices de confusión entre la clasificación del tipo aporte nutricional entre los valores reales y las predicciones de los modelos RNA y CHAID. Periodo 2007-2011.

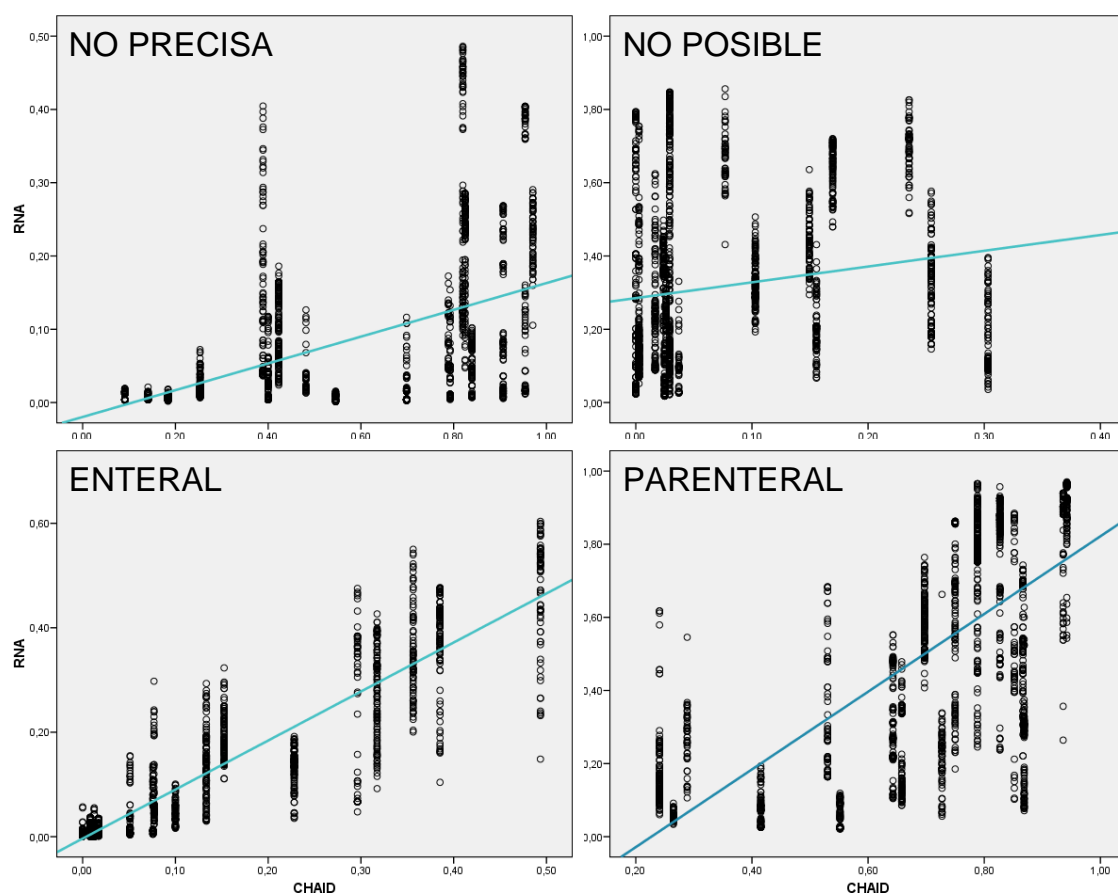


Figura 27 – Comparación entre las probabilidades obtenidas entre los modelos RNA y CHAID. Periodo 2007-2011.

**DISCUSIÓN** Durante los años en los que se ha desarrollado el estudio, se ha asistido a continuos cambios en la UCI del HUAV. Los tres hechos más relevantes han sido el aumento progresivo de camas (lo que ha permitido atender a un número progresivamente mayor de pacientes, como se puede apreciar en la figura 3), la incorporación de un neurocirujano en el año 2001, lo que permitió poder atender situaciones clínicas, que hasta esa fecha, eran derivadas a otros centros, lo cual se ve reflejado en el aumento de pacientes traumáticos en el período 2002-2006 (Fig. 9). La implantación en el 2007 de nuevos tipos de cirugía programada abdominal (pancreática y hepática) (Fig.8), lo cual evidencia un aumento del grupo diagnóstico de cirugía en el período 2007-2011 (Fig. 9), es el último hecho remarcable hasta la fecha.

Si bien es cierto, que los estándares de calidad en aporte nutricional están a favor de la nutrición enteral, en este estudio se ha visto que en los últimos años ha habido un aumento del uso de la nutrición parenteral (Fig. 4 y tabla 2). Este patrón se repite en los tres períodos de tiempo estudiados.

La mortalidad global, así como la gravedad de los pacientes según el APACHE II, ha ido disminuyendo con los años (Fig. 5 y Fig. 7). Esto puede ser debido a la mejora en el uso y correcta aplicación de los soportes nutricionales, así como una mejora en las tecnologías utilizadas y un aumento de la experiencia del personal.

El análisis de las tablas 1 en adelante, conjuntamente con los gráficos de las figuras 13 en adelante, permite justificar la evolución de las categorías de los soportes nutricionales de los distintos períodos de tiempo estudiados.

Así pues, se han estudiado un total de 5143 paciente repartidos en tres períodos de tiempo: 1996-2001, 2002-2006, 2007-2011.

1. Período 1996-2001: La n total de pacientes fue de 1274, lo que supone el 24,77% del pool total de pacientes. La mayoría hombres (66,2%), con edades de  $54,8 \pm 19$  años, cuya procedencia en su mayoría (54,2%) es de urgencias. Los valores de las series diagnósticas en este período son parecidos, excepto en los pacientes respiratorios, que son los que menor número muestran (9,7%). En este período se muestra el menor uso de noradrenalina de los tres (15,5%) y un 59,7% de los casos llevaban ventilación mecánica. Al ser el período antiguo y como ya hemos comentado, fue el que mayor gravedad en la escala APACHE II mostraron los pacientes. También es el período que menor tiempo de estancia en UCI tuvieron los pacientes ( $11,5 \pm 14$  días) y el que más mortalidad ha tenido de los tres (32,9%).
- Grupo *no precisa*: Es el grupo con la mayor tasa de pacientes con un 42,15% con una tasa de mortalidad del 4,1%, la menor de los 4 grupos; presenta la menor tasa de edad de las cuatro categorías ( $50,9 \pm 20$  años); los valores de grupos diagnóstico son los más variados, siendo el mayor el del paciente traumático con un 32% y el menor el de respiratorio con un 9,3%; es el que menor gravedad en el APACHE II presenta (12,2%, siendo el 45,8% de los pacientes los que tienen un valor de la escala entre 0-10); la estancia media de estos pacientes fue de  $4,7 \pm 5$  días.

- Grupo *no posible*: Con una tasa de pacientes del 8,8%, es el menor de los cuatro, pero tiene una mortalidad del 100%. Tiene la mayor tasa de edad con  $64,6 \pm 15$  años; los valores de los grupos diagnóstico son muy parecidos siendo el mayor los de tipo neurológico con un 26,8%; la gravedad según el APACHE II es la mayor de todos de los grupos con un  $24,5 \pm 6$ , siendo el 75% de los pacientes los que presentan una puntuación mayor de 20; la estancia media es la menor de las categorías con  $4,6 \pm 5$  días.
  - Grupo *enteral*: La tasa de pacientes es del 21,8%; presenta menor mortalidad que el grupo parenteral con un 43,2%; la tasa de edad se sitúa en  $59,4 \pm 18$  años; los valores de los grupos diagnóstico son bastante dispares, siendo el más observado el neurológico con un 43,2% y el menor el de cirugía con un 2,5%; el APACHE II es mayor que en el grupo parenteral con un  $18,9 \pm 7$ , siendo el 38,8% de los pacientes los que tienen más de 20 puntos en la escala; la estancia media fue de  $15,9 \pm 14$ , menor que en la parenteral.
  - Grupo *parenteral*: La tasa de pacientes se sitúa en 27,23%, mayor que en el grupo enteral; tiene una mortalidad del 47,6%; con una tasa de edad de  $53,9 \pm 19$  años; los valores de los grupos diagnóstico presentan menos diferencias que en el grupo enteral, siendo el mayor el de cirugía con un 35,7% y el menor el de respiratorio con un 2,3%; el APACHE II es de  $17,9 \pm 19$ , siendo el 34,6% de los pacientes los que presentan una puntuación de más de 20; la estancia media de estos pacientes fue de  $20,5 \pm 19$  días, la mayor de los 4 grupos.
2. Período 2002-2006: La n total de estos pacientes fue de 1659 pacientes, un 32,25% del total. La mayoría hombres (66,7%), con edades comprendidas entre  $54,4 \pm 19$  años. La procedencia de la mayoría de ellos fue de urgencias (52,8%); los valores de las series diagnósticas de este período son muy similares, el más destacable fue el de origen traumático con un 32% de los casos (debido a la ya comentada incorporación de un neurocirujano en el año 2001); este es el periodo con mayor uso de ventilación mecánica (65,2% de los casos) y un 28,6% llevaba noradrenalina. La gravedad en la escala APACHE II fue de  $15,6 \pm 8$ ; la estancia media de lo paciente fue de  $16,0 \pm 22$  y la mortalidad en esos años de un 27,1%.
- Grupo *no precisa*: Es el grupo con más pacientes, un 44%, con una mortalidad del 3,4%, la más baja de los cuatro; las edades están comprendidas entre  $50,6 \pm 19$ , el grupo más joven; los valores de los grupos diagnóstico son bastante similares, destaca el traumático con un 34,2%; el APACHE II de este grupo es el más bajo con un  $11,7 \pm 6$ , el 48,4% de los pacientes presentó un valor entre 0-10 en la escala; la estancia media fue de  $6,4 \pm 9$  días.
  - Grupo *no posible*: Le corresponden un 11,27% de los pacientes y la mortalidad de este grupo es del 100%; las edades son de  $62,3 \pm 18$ , la mayor de los grupos; los valores de los grupos diagnóstico son muy similares, siendo el mayor el del paciente traumático (24,1%) y el menor el del paciente neurológico (15,5%); el APACHE II en este grupo es el peor de los cuatro grupos, con unos valores de  $22,8 \pm 8$ , el 58,8% de los pacientes tenía una puntuación mayor de 20; la estancia media fue la más baja ( $5,2 \pm 6$ ).

- Grupo *enteral*: Menor número de pacientes que el parenteral (17,42%) y una mortalidad también menor que dicho grupo (26,3%); las edades son mayores que las de parenteral ( $58,1 \pm 17$ ); los valores de los grupos diagnóstico son muy similares excepto en el menor de ellos que fue el de cirugía con un 3,8% de los casos; el APACHE II de estos pacientes fue muy similar al del grupo parenteral con un  $17,6 \pm 6$ , el mayor número de pacientes (31,8%) tenía una puntuación de más de 20, pero todos los rangos de puntuaciones tienen valores de pacientes muy parecidos, excepto los comprendidos entre 0-10 que representó el 12,8% de ellos; la estancia media es menor que en el parenteral con un  $21,7 \pm 20$  días.
  - Grupo *parenteral*: Le corresponde el 27,30% de los pacientes con una mortalidad del 35,5%; las edades están comprendidas entre  $55,0 \pm 18$  años; los valores de los grupos diagnóstico son muy dispares, los mayoritarios fueron los de trauma (33,1%) y los de cirugía (40%), el resto fueron mucho menores; el APACHE II fue de  $17,8 \pm 7$ , la mayoría de pacientes con una puntuación mayor de 20 (33,6%) pero todos los rangos de la escala presentan un número parecido de pacientes; la estancia media fue de  $32,3 \pm 30$  día, la más larga de los cuatro grupos.
3. Periodo 2007-2011: Este es el periodo con más paciente, 2210 pacientes, un 42,97% del total. La mayoría hombres (62,9%), como en todos los periodos de tiempo; las edades están comprendidas entre  $56,3 \pm 18$  años; la procedencia de la mayoría de ellos, como en todos los periodos, fue de urgencias y la menor del hospital comarcal, también como en todos los periodos; los valores de las series diagnósticas son los más similares de los tres, el más abundante con un 23,7% fue de origen médico y el menor con un 14,9% de origen neurológico; un 52,8% de los casos usaban ventilación mecánica y un 33,9% (el mayor de todos) usaban noradrenalina; la gravedad en APACHE II es la menor de todos los periodos con un  $14,8 \pm 8$ , la estancia media fue de  $13,0 \pm 17$  días y la mortalidad de un 21,7%, la menor de los tres intervalos de tiempo.
- Grupo *no precisa*: Tiene el mayor número de pacientes de los cuatro (49,14%); la mortalidad es la menor de todos con un 2,8% de los casos; edades de  $53,6 \pm 18$  años, el grupo más joven; los valores de los grupos diagnóstico son muy similares, siendo el mayor el de origen médico con un 26,4% y el menor el neurológico con un 13,2%; el APACHE II en este grupo es el menor de todos con unos valores de  $11,5 \pm 7$ , un 50,7% de los pacientes presentó una puntuación entre 0 y 10 en la escala; la estancia media fue de  $6,2 \pm 8$  días, muy similar a la del grupo *no posible*.
  - Grupo *no posible*: Representa el 7,9% de los pacientes y la mortalidad fue del 100%; edades de  $61,9 \pm 16$  años, la mayor de los cuatro grupos; los valores de los grupos diagnóstico son muy similares, excepto en los pacientes respiratorios (25,1%) y los pacientes de origen médico (26,9%) que fueron los más abundantes; el APACHE II de este grupo, como en los demás periodos de tiempo, es el que mayor puntuación presenta,  $23,6 \pm 7$ , un 61,7% de los pacientes tenía una puntuación mayor de 20 en la escala; la estancia media fue de  $6,0 \pm 9$  días.

- Grupo *enteral*: Con un 12,17% de los pacientes, es mucho menos que el grupo parenteral; la mortalidad fue del 23,8%, también mucho menor que en el parenteral; edades de  $57,8 \pm 17$  años, muy parecidas a la cohorte parenteral; los valores de los grupos diagnóstico fueron muy similares excepto en los pacientes procedentes de cirugía, los de menor número con un 4,8%; el APACHE II es mayor que en el grupo parenteral con un  $17,3 \pm 7$ , un 32,7% de los pacientes presentó una puntuación entre 16 y 20 en la escala; la estancia media fue algo menor que en el parenteral, 23,8 días.
- Grupo *parenteral*: Es el grupo con más pacientes después del de *no precisa* con un 30,7%; una mortalidad bastante mayor que en la cohorte *enteral* (31%); edades de  $58,7 \pm 18$  años, muy parecidas a las de la cohorte *enteral*; los valores de las series diagnósticas son similares excepto para los pacientes respiratorios, que fueron los menos con un 5,6% y los pacientes procedentes de cirugía, que fueron lo más abundantes con un 39,4%; los valores APACHE II son algo menos que en el grupo *enteral* con unas puntuaciones de  $16,7 \pm 7$ , los pacientes están repartidos de forma muy parecida entre los distintos rangos de valores de la escala, el mayor número de ellos (28,2%) estaba en una puntuación mayor de 20; la estancia media es sensiblemente mayor que en la cohorte *enteral* con  $22,3 \pm 22$  días.

La UCI estudiada no es una unidad estática, la división de los diferentes periodos de tiempo llevados a estudio tiene sentido y además se observan diferencias significativas entre ellos, tal y como se ve en la tabla 1. La diferencia entre los periodos se explica con varios cambios que se han llevado a cabo en la unidad con el paso del tiempo. En 2001 se añade a la plantilla del hospital un neurocirujano, lo que permite admitir a nuevos tipos de pacientes (Fig.3). En el último periodo de tiempo, la inclusión de nuevos métodos de cirugía abdominal y programa (Fig. 3 y Fig.8) permite admitir a más tipos de pacientes. Además, se observa un aumento del número de camas con el paso de los años (Fig.3).

Para un problema concreto, a priori, no se sabe cuál puede ser el método o modelo que mejores resultados de, por eso se debe realizar varios modelos. En este estudio se han seleccionado dos modelos que tienen capacidades distintas, las redes neuronales artificiales y los árboles de clasificación. En este caso, el modelo de red neuronal a demostrado no funcionar muy bien en los periodos 2001-2006 y 2007-2011, no consigue mejores propiedades de discriminación que el modelo de árbol. Esto es debido a que, para las variables seleccionadas, el modelo de red necesitaría un tamaño de muestra mucho más grande del que se ha presentado a estudio. El modelo de árbol, en cambio, consigue discriminar correctamente las variables y logra mejores resultados. Además, el desarrollo lógico de este modelo, se ve claramente desarrollado en las figuras 13, 18 y 24. Es bastante fácil leerlo y llegar al resultado a partir de las variables iniciales. En cambio, es difícil ver cuales son las discriminaciones que usa la red neuronal en su capa oculta, ya que las conexiones de una red son extraordinariamente complejas, incluso para un tamaño de muestra como el presentado y no está del todo claro cómo este método aplica las elecciones entre variables.

Las variables más utilizadas por ambos métodos son:

- La ventilación mecánica: Supone un grado de sedación del paciente que hace que la nutrición enteral sea imposible o, cuanto menos, la dificulta.
- Los grupos diagnóstico <sup>35 36</sup>: El más importe de estos, para poder discriminar entre enteral o parenteral, es el de cirugía, ya que será el grupo que más problemas presente a nivel digestivo y, por tanto, el más susceptible a llevar parenteral.
- El Apache II: La gravedad es un factor muy importante, ya que puede suponer la imposibilidad de administración de cualquier nutrición enteral debido a varios factor, como pueden ser, un tracto digestivo no funcional, capacidades motoras disminuidas o nulas, etc.
- El uso de noradrenalina <sup>34</sup>: Este fármaco es un vasoconstrictor muy potente y su uso supone una malabsorción de la nutrición enteral a nivel intestinal, ya que los capilares no serían funcionales (o su función estaría muy disminuida).

Por estas razones, son estas variables y no las otras, las que los dos métodos utilizan como discriminantes para dividir a los pacientes en los cuatro grupos de aporte nutricional.

Los grupos marcados en rojo en las figuras 13,18 y 24 son los llamados problemáticos <sup>37</sup>, la razón es que, a priori, parecen tener el tracto intestinal funcional, pero el aporte enteral es mucho menor del esperado<sup>38</sup>. La razón de esto no es fácil saberla ya que habría que tener en cuenta cada caso de forma individual y ver porqué se le administró una parenteral en lugar de la enteral.

Pese a que los estándares de calidad actuales indican que debería ser la nutrición enteral la más utilizada <sup>29 30</sup>, se ha visto que en este servicio no ha sido así en el periodo de tiempo estudiado (tabla 2).

Las limitaciones de este estudio son varias y obvias:

- La primera es que el estudio se ha realizado en una UCI con las características propias de la misma. Habría que realizar el mismo estudio incluyendo datos de varias UCIS e intentar que estas fueran comparables entre ellas.
- El tamaño de la muestra, pese a ser el obtenido en un periodo de tiempo bastante largo (1996-2011) podría ser mayor, ya que debido a las diferencias dentro de este periodo de tiempo, se ha dividido en tres. Como consecuencia de esta división, el pool de pacientes de cada periodo de tiempo queda bastante reducido.
- Se han utilizado dos modelos o métodos predictivos (RNA y el de tipo árbol) pero hay muchos más <sup>31</sup>. Se puede realizar el mismo tipo de estudio añadiendo más modelos y comparando los resultados que arrojan <sup>32 33</sup>.

Este estudio tiene aportaciones importantes para el grupo de trabajo de la UCI del HUAV.

- Aporta una visión descriptiva de cómo se ha actuado y de los resultados obtenidos en los años estudiados.
- Ha permitido la identificación de los grupos problemáticos de pacientes para futuros controles de calidad y, además, ha ayudado a buscar una justificación lógica para estos grupos.

A nivel individual, con este estudio he hecho una aproximación metodológica al uso de bases de datos, el correcto desarrollo de modelos predictivos, el uso de programas informáticos estadísticos para el manejo de los datos y modelos. He aprendido a interpretar las bases de datos, a identificar los problemas y encontrarle una explicación lógica y, en definitiva, me ha servido para aumentar mis competencias a nivel profesional, tanto el uso de la estadística, como en la aplicaciones de soluciones lógicas a problemas encontrados en la práctica clínica diaria.



## CONCLUSIONES

Sobre aspectos descriptivos de la muestra

- La evolución del tipo de ingreso (con la incorporación de distintos tipos de pacientes) condiciona el estudio de la muestra en 3 periodos de tiempo distintos. También se incorporó un protocolo de nutrición artificial que cambió en los dos últimos periodos.
- Los resultados muestran una menor utilización de aporte enteral que el esperado según las condiciones de los pacientes y las recomendaciones publicadas. Y, por otra parte, de un aumento en el aporte parenteral.

Sobre los modelos construidos

- Los distintos periodos de tiempo condicionan diferentes modelos de árboles y de RNA.
- En nuestro caso, la red neuronal artificial no muestra en ninguno de los periodos estudiados, mejores propiedades de clasificación que los modelos realizados con árboles. Es en los periodos 2002-2006 y 2007-2011 cuando se aprecian más diferencias.
- Los árboles, interpretables con sus reglas de clasificación, encuentran los grupos de pacientes que asignamos como problemáticos. Aquellos con un sistema digestivo intacto pero con poco porcentaje de aporte enteral.
- En general, las variables con más peso en los modelos son la utilización de la ventilación mecánica (que condiciona la utilización de sedantes que modifican la tolerancia enteral), los grupos diagnósticos (donde los pacientes quirúrgicos tienen una mayor afectación del tubo digestivo), la gravedad según los rangos del APACHE II (que condiciona alteraciones orgánicas y necesidad de tratamientos que afectan a la tolerancia enteral) y el uso de noradrenalina (coadyugante de una mayor gravedad por hipoperfusión tisular acompañante).

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a los profesionales de la UCI del HUAV el dejarme realizar este estudio en sus instalaciones, en especial a mi tutor, el Dr. José Javier Trujillano Cabello.



## BIBLIOGRAFÍA

1. Castro MG, Pompilio CE, Horie LM, Verotti CC, Waitzberg DL. Education program on medical nutrition and length of stay of critically ill patients. Clin Nutr. 2012 Dec 5. i: S0261-5614(12)00271-3.
2. Kiss CM, Byham-Gray L, Denmark R, Loetscher R, Brody RA. The impact of implementation of a nutrition support algorithm on nutrition care outcomes in an intensive care unit. Nutr Clin Pract. 2012 Dec;27(6):793-801.
3. Racco M. An enteral nutrition protocol to improve efficiency in achieving nutritional goals. Crit Care Nurse. 2012 Aug;32(4):72-5.
4. Serón Arbeloa C, Zamora Elson M, Labarta Monzón L, Garrido Ramírez de Arellano I, Lander Azcona A, Marquina Lacueva MI, López Claver JC, Escos Orta J. [\[Nutritional support outcomes in critical care\]](#). Nutr Hosp. 2011 Nov-Dec;26(6):1469-77.
5. Jeejeebhoy KN. Parenteral nutrition in the intensive care unit. Nutr Rev. 2012 Nov;70(11):623-30.
6. Vanderheyden S, Casaer MP, Kesteloot K, Simoens S, De Rijdt T, Peers G, Wouters PJ, Coenegrachts J, Grieten T, Polders K, Maes A, Wilmer A, Dubois J, Van den Berghe G, Mesotten D. Early versus late parenteral nutrition in ICU patients: cost analysis of the EPaNIC trial. Crit Care. 2012 May 25;16(3).
7. Acosta Escribano J, Herrero Meseguer I, Conejero García-Quijada R; Metabolism and Nutrition Working Group of the Spanish Society of Intensive Care Medicine and Coronary units. Guidelines for specialized nutritional and metabolic support in the critically-ill patient: update. Consensus SEMICYUC-SENPE: neurocritical patient. Nutr Hosp. 2011 Nov;26 Suppl 2:72-5.
8. Ortiz Leyba C, Montejo González JC, Vaquerizo Alonso C; Metabolism and Nutrition Working Group of the Spanish Society of Intensive Care Medicine and Coronary units. Guidelines for specialized nutritional and metabolic support in the critically-ill patient: update. Consensus SEMICYUC-SENPE: septic patient. Nutr Hosp. 2011 Nov;26 Suppl 2:67-71.
9. Blesa Malpica AL, García de Lorenzo y Mateos A, Robles González A; Metabolism and Nutrition Working Group of the Spanish Society of Intensive Care Medicine and Coronary units. Guidelines for specialized nutritional and metabolic support in the critically-ill patient: update. Consensus SEMICYUC-SENPE: multiple trauma patient. Nutr Hosp. 2011 Nov;26 Suppl 2:63-6.

10. Heidegger CP, Berger MM, Graf S, Zingg W, Darmon P, Costanza MC, Thibault R, Pichard C. Optimisation of energy provision with supplemental parenteral nutrition in critically ill patients: a randomised controlled clinical trial. *Lancet*. 2013 Feb 2;381(9864):385-93.
11. Araújo-Junqueira L, De-Souza DA. Enteral nutrition therapy for critically ill adult patients; critical review and algorithm creation. *Nutr Hosp*. 2012 Jul-Aug;27(4):999-1008.
12. Justo Meirelles CM, de Aguilar-Nascimento JE. Enteral or parenteral nutrition in traumatic brain injury: a prospective randomised trial. *Nutr Hosp*. 2011 Sep-Oct;26(5):1120-4.
13. Cove ME, Pinsky MR. Early or late parenteral nutrition: ASPEN vs. ESPEN. *Crit Care*. 2011;15(6):317.
14. Lewis RJ. An introduction to classification and regression tree (CART) analysis. Annual meeting of the society for academic emergency medicine in San Francisco 2000. [consultado 05-05-2005]: Disponible en: <http://www.saem.org/download/lewis1.pdf>.
15. Gerald LB, Tang S, Bruce F, Redden D, Kimerling ME, Brook N, Dunlap N, Bailey WC. A decision tree for tuberculosis contact investigation. *Am J Respir Crit Care Med* 2002;166:1122-7.
16. Moreno A, Vargas E, Soto J, Rejas J. Análisis coste-efectividad del empleo de celecoxib en el tratamiento de la artrosis. *Gac Sanit* 2003;17(1):27-36.
17. Kosuda S, Ichihara K, Watanabe M, Kobayashi H, Kusano S. Decisión-tree sensivity análisis for cost-effectiveness of chest 2-fluoro-2-D[18F]Fluorodeoxyglucose positron emission tomography in patients with pulmonary nodules (non-small cell lung carcinoma) in Japan. *Chest* 2000;117:346-353.
18. Sterling TR, Lehmann HP, Frieden TR. Impact of DOTS compared with DOTS-plus on multidrug resistant tuberculosis and tuberculosis deaths: decision analysis. *BMJ* 2003;326:574-60.
19. Costanza MC, Paccaud F. Binary classification of dyslipidemia from the waist-to-hip ratio and body mass index: a comparison of linear, logistic, and CART models. *BMC Medical research Methodology* 2004;4:7-17.
20. Vlahou A, Schorge JO, Gregory BW, Coleman RL. Diagnosis of ovarian cancer using decision tree classification of mass spectral data. *Journal of Biomedicine and Biotechnology* 2003;5:308-314.
21. Pavlopoulos SA, Stasis ACH, Loukis EN. A decision tree-based method for the differential diagnosis of aortic stenosis from mitral regurgitation using heart sounds. *Biomedical Engineering OnLine* 2004;3:21-37.

22. Lee SM, Kang JO, Suh YM. Comparison of hospital charge prediction models for colorectal cancer patients: neural network vs. decision tree models. *J Korean Med Sci* 2004;19:677-81.
23. Kolcz A. N-tuple network, CART, and Bagging. *Neural Computation* 2000;12:293-304.
24. Trujillano J, March J, Badia M, Rodríguez A, Sorribas A. [Application of artificial neural networks for risk stratification of hospital mortality]. *Gac Sanit.* 2003 Nov-Dec;17(6):504-11.
25. Knaus WA, Draper EA, Wagner DP, Zimmerman JE. APACHE II: a severity of disease classification system. *Crit Care Med.* 1985 Oct;13(10):818-29.
26. Trujillano J, Badia M, Serviá L, March J, Rodríguez-Pozo A. Stratification of the severity of critically ill patients with classification trees. *BMC Med Res Methodol.* 2009 Dec 9;9:83.
27. Trujillano J, March J, Sorribas A. [Methodological approach to the use of artificial neural networks for predicting results in medicine]. *Med Clin (Barc).* 2004;122 Suppl 1:59-67.
28. Colombet I, Ruelland A, Chatellier G, Gueyffier F, Degoulet P, Jaulent MC. Models to predict cardiovascular risk: comparison of CART, Multilayer perceptron and logistic regression. *Proc AMIA Symp.* 2000;:156-60.
29. Codner PA. Enteral nutrition in the critically ill patient. *Surg Clin North Am.* 2012 Dec;92(6):1485-501.
30. Kim H, Stotts NA, Froelicher ES, Engler MM, Porter C. Why patients in critical care do not receive adequate enteral nutrition? A review of the literature. *J Crit Care.* 2012 Dec;27(6):702-13.
31. Wolpertand DH, Macready WG. No free lunch theorems for search. *IEEE TEC,* 1997, 1(1): 67-82
32. Trujillano J, Sarria-Santamera A, Esquerda A, Badia M, Palma M, March J. [Approach to the methodology of classification and regression trees]. *Gac Sanit.* 2008 Jan-Feb;22(1):65-72.
33. Tsushima Y, Endo K. Analysis models to assess cost effectiveness of the four strategies for the work-up of solitary pulmonary nodules. *Med Sci Monit* 2004;10(5):MT65-72.
34. Mancl EE, Muzevich KM. Tolerability and Safety of Enteral Nutrition in Critically Ill Patients Receiving Intravenous Vasopressor Therapy. *JPEN J Parenter Enteral Nutr.* 2013 Jan 17. [Epub ahead of print]

35. Davies AR. Enteral nutrition in ICU: small bowel or stomach? And how much? Crit Care Resusc. 2012 Jun;14(2):99-100.
36. Zamora Elson M, Serón Arbeloa C, Labarta Monzón L, Garrido Ramírez de Arellano I, Lander Azcona A, Marquina Lacueva MI, López Claver JC, Escós Orta J. Nutritional support response in critically ill patients; differences between medical and surgical patients. Nutr Hosp. 2012 Jul-Aug;27(4):1213-8.
37. Huang HH, Hsu CW, Kang SP, Liu MY, Chang SJ. [Association between illness severity and timing of initial enteral feeding in critically ill patients: a retrospective observational study](#). Nutr J. 2012 May 3;11:30.
38. Give enteral nutrition a chance in critically ill adults. BMJ. 2012 Dec 12;345:e8387